



SKRIPSI– ME141501

**ANALISA LAJU KOROSI PADA PIPA BAJA KARBON DAN PIPA
GALVANIS DENGAN METODE KEHILANGAN BERAT**

Yani Cordoba Surbakti
NRP. 4213 100 078

Dosen Pembimbing
Sutopo Purwono Fitri, ST.Meng., ph.D
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT – ME141501

**ANALYSIS OF CORROSION RATE ON CARBON STEEL PIPE AND
GALVANIZED STEEL PIPE USING WEIGHT LOSS METHOD**

Yani Cordoba Surbakti
NRP. 4213 100 078

Supervisor
Sutopo Purwono Fitri, ST.Meng., ph.D
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA LAJU KOROSI PADA PIPA BAJA KARBON DAN PIPA GALVANIS DENGAN METODE KEHILANGAN BERAT

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System (MMS)*
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

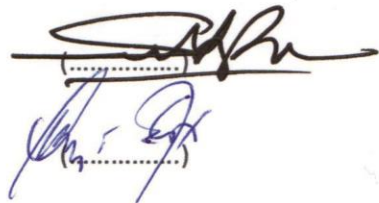
Oleh:

Yani Cordoba Surbakti
NRP. 4213 100 078

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Sutopo Purwono Fitri, ST.Meng., ph.D
NIP. 197510062002121003

Ir. Hari Prastowo, M.Sc.
NIP. 196510301991021001



SURABAYA

Juli 2017

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA LAJU KOROSI PADA PIPA BAJA KARBON DAN PIPA GALVANIS DENGAN METODE KEHILANGAN BERAT

SKRIPSI

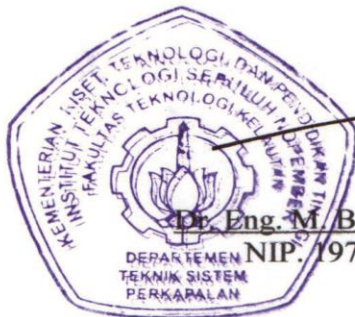
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System (MMS)*
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Yani Cordoba Surbakti
NRP. 4213 100 078

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 197708022008011007

“halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yani Cordoba Surbakti
NRP : 4213100078
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul “ Analisa Laju Korosi pada Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis dengan Metode Kehilangan Berat” adalah bebas dari plagiasi. Apabila pernyataan ini terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya
Yang membuat pernyataan,

Yani Cordoba Surbakti
NRP 4213100078

“halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA LAJU KOROSI PADA PIPA BAJA KARBON DAN PIPA GALVANIS DENGAN METODE KEHILANGAN BERAT

Nama Mahasiswa : Yani Cordoba Surbakti
NRP : 4213100078
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Sutopo Purwono Fitri, ST.Meng.,ph.D
Ir. Hari Prastowo, M.Sc

ABSTRAK

Logam merupakan bahan terbesar penyusun konstruksi dan sistem pada kapal baja. Dalam penggunaannya logam sangat rentan mengalami korosi sehingga mempengaruhi daya tahan dan operasional kapal tersebut. Oleh karena itu pemilihan material dalam perencanaan pembangunan kapal sangat perlu dilakukan agar pemilik kapal tidak rugi karena memiliki daya tahan tinggi sehingga berpengaruh terhadap biaya investasi dalam perawatan. Penelitian ini membahas laju korosi pipa baja karbon dan pipa baja galvanis dengan variasi salinitas larutan (air laut), lama perendaman, dan kecepatan aliran dengan standart ASTM G1-72 dan ASTM G1-90. Hasil laju korosi masing-masing spesimen akan dibandingkan dan diprediksi usianya dengan menggunakan API 570 dan BKI volume 3 tahun 2014. Dari data hasil percobaan diperoleh hasil laju korosi Pipa Baja Karbon salinitas 3%, 6% tanpa kecepatan masing-masing 0,38184 dan 1.357584. Laju Korosi pipa baja galvanis 3%, 6% tanpa kecepatan masing-masing 0.159763 dan 0.217836. Laju Korosi pipa baja karbon kecepatan 3.95 m/hr dan 3.29 m/hr adalah 0.877051 dan 0.576601. Sementara laju korosi pipa galvanis kecepatan 3.95 m/s dan 3.29 m/s adalah 0.212672 dan 0.1821101 kesimpulan laju korosi pipa baja karbon lebih besar dari pipa baja galvanis dalam segala kondisi. Untuk prediksi usia pipa, pipa baja karbon memiliki nilai laju korosi lebih rendah dari pipa baja galvanis. Jadi untuk semua sistem yang menggunakan air laut sebagai fluida alir disarankan untuk menggunakan pipa baja galvanis.

**Kata Kunci: Weigh loss method, ASTM G1-72, ASTM G1-90, API 570, BKI
Volume 3 section 11**

“halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALYSIS OF CORROSION RATE ON CARBON STEEL PIPE AND GALVANIZED STEEL PIPE USING WEIGHT LOSS

Name : Yani Cordoba Surbakti
NRP : 4213100078
Departement : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisor : Sutopo Purwono Fitri, ST.Meng.,ph.D
Ir. Hari Prastowo, M.Sc

ABSTRACT

Metal is the biggest material for building up of construction and steel ship systems. For its use, metal is literally easy for getting corrosion and can give some affects to ship's operational and durability. So, choosing material selectively on ship bulding plan is extremely needed in order to avoid the ship owners getting loss due to have high endurance that can impact to investment and maintanance costs. This study discusses about corrosion rate of carbon and galvanized steel pipe with many variation of solution salinity (sea water), period of submersion, and flow velocity based on the standards are named ASTM G1-72 and ASTM G1-90. The old could be predicted and compared by seen the results of corrosion rate each spesimen using API 570 and BKI Vol. 3 2014. From the experimental data, the corrosion rate of Salinity Steel Pipe is 3%, 6% without flow rate 0,38184 and 1.357584 respectively. Corrosion rate of galvanized steel pipe 3%, 6% without flow rate respectively 0.159763 and 0.217836. The corrosion rate of carbon steel pipe speeds of 3.95 m / s and 3.29m / hr is 0.877051 and 0.576601. While the galvanized pipe corrosion rate of 3.95 m / hr and 3.29 m / s is 0.212672 and 0.1821101. Based on the experiment, it can be concluded that the corrosion rate of carbon steel pipe is larger than galvanized steel pipe in every conditions. Regarding to pipe age prediction, carbon steel pipe has a lower corrosion rate value than galvanized steel pipe. In simple, for all systems that using sea water as flowing fluid are advised to use galvanized steel pipe.

Keywords : Weigh loss method, ASTM G1-72, ASTM G1-90, API 570, BKI Volume 3 section 11

“halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur saya haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya saya bisa menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisa Laju Korosi Pada Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis dengan Metode Kehilangan Berat”. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari jurusan Teknik Sistem Perkapalan. Dalam penulisan ini tentunya terdapat kendala dan hambatan yang mempengaruhi penulisan tugas akhir ini namun berkat bantuan ,nasihat dan saran dari semua pihak yang membantu khususnya dosen pembimbing tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Saya juga menyadari penulisan tugas akhir ini jauh dari kesempurnaan dan masih terdapat kekurangan-kekurangan didalamnya. Hal tersebut karena penulis menyadari keterbatasan-keterbatasan yang dimiliki. Untuk itu penulis meminta kritik dan saran yang membangun demi kemajuan pendidikan di kemudian hari.

Pada kesempatan kali ini izinkan saya mengucapkan terimakasih dengan segala hormat kepada pihak-pihak yang membantu saya yaitu:

1. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, MT. Selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS, Surabaya dan sebagai dosen Wali .
2. Bapak Sutopo Purwono Fitri ST, Meng., ph.D dan Ir. Hari Prastowo, M.Sc selaku dosen pembimbing yang dengan setia membimbing dan memberi masukan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
3. Laboratorium Elektrokimia Departemen Teknik kimia sebagai tempat pengambilan data
4. Ayah, Ibu dan Adik-adik saya (Salsa dan Jeflin) yang membantu secara moral, doa serta material
5. Keluarga saya yang senantiasa membantu saya dalam doa
6. Grecia Ulina Sebayang sebagai partner yang selalu ada ketika saya merasa menyerah
7. Temen-teman Permata Surabaya yang membantu dalam doa
8. Teman-teman terdekat ABISS & Wise Man (Dumoli, Bryan, Bang Windy,dll)
9. Teman Seperjuangan Batak Siskal (Alex, Bent, Pablo, Franky dll)
10. Teman-teman Barakuda seperjuangan yang memotivasi
11. Semua Pihak yang membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Semoga Tuhan yang membalas segala kebaikan yang telah diberikan dan kesuksesan terwujud kepada semuanya.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvi
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xx
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	1
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Korosi	3
2.1.1 Mekanisme Korosi.....	3
2.1.2 Jenis Korosi.....	4
2.1.3 Korosi pada Kapal Baja	10
2.1.4 Pipa pada Kapal	11
2.1.5 Pipa pada Galvanis	12
2.1.6 Pipa pada Karbon	12
2.2 ASTM G31-72	13
2.3 Jurnal Terkait	13
2.4 Metode Kehilangan Berat	14
2.5 Salinitas	14
2.6 Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia terhadap Ketebalan Pipa	15
BAB III	17
METODE PENELITIAN	17
3.1 Metodologi Penelitian	17
3.1.1 Studi Literatur	17
3.1.2 Studi Empiris	17
3.1.3 Apparatus	18
3.1.4 Eksperimen	19
3.1.5 Pengumpulan Data Percobaan	19
3.1.6 Analisis Data dan Pembahasan	19
3.1.7 Kesimpulan dan Saran	19
3.2 Prosedur Percobaan	19
3.3 Diagram Alir Pengerjaan	21
3.4 Alat dan Bahan Percobaan	22
3.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	25

3.6 Diagram Alir Percobaan Tanpa Kecepatan Aliran	26
3.7 Diagram Alir Percobaan dengan Kecepatan Aliran	27
BAB IV	27
ANALISA DATA	27
4.1 Persiapan Apparatus	27
4.1.1 Pembuatan Spesimen	27
4.1.2 Kalibrasi Salinometer	27
4.1.3 Pembuatan Larutan Percobaan	28
4.1.4 Pembuatan Wadah Percobaan	29
4.1.5 Neraca Analitik	29
4.1.6 Jangka Sorong	30
4.2 Percobaan	30
4.2.1 Pengukuran Berat Spesimen Sebelum Pengujian	30
4.2.2 Perendaman Spesimen	32
4.2.3 Pembersihan Spesimen	33
4.2.4 Pengukuran Dimensi Spesimen	34
4.3 Perhitungan Laju Korosi	34
4.4 Hasil Perhitungan Laju Korosi	35
4.4.1 Perhitungan Laju Korosi Perendaman 120 Jam pada Salinitas 3 %	35
4.4.2 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam Salinitas 3%	35
4.4.3 Perhitungan Laju Korosi Perendaman 120 Jam pada Salinitas 6 %	36
4.4.4 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam Salinitas 6%	36
4.4.5 Perhitungan Laju Korosi perendaman 120 Jam pada Salinitas 9 %	37
4.4.6 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam pada Salinitas 9%	38
4.4.7 Perhitungan Laju Korosi Perendaman 240 Jam pada Salinitas 3 %	38
4.4.8 Grafik Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 240 Jam Salinitas 3%	39
4.4.9 Perhitungan Laju Korosi Perendaman 240 Jam pada Salinitas 6 %	40
4.4.10 Grafik Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 240 Jam Salinitas 6%	40
4.4.11 Perhitungan Laju Korosi perendaman 720 Jam pada Salinitas 3 %	41
4.4.12 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis perendaman 720 Jam pada Salinitas 3%	42
4.4.13 Perhitungan Laju Korosi Perendaman 720 Jam pada Salinitas 6 %	42
4.4.14 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 720 Jam pada Salinitas 6%	43
4.4.15 Perhitungan Laju Korosi perendaman 120 jam pada Salinitas 3% dengan Kecepatan 3.95 m/s	44
4.4.16 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam Salinitas 3% dengan Kecepatan 3.95 m/s	44
4.4.17 Perhitungan Laju Korosi perendaman 120 Jam pada Salinitas 3% dengan Kecepatan 3.29 m/s	45
4.4.18 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam pada Salinitas 3% dengan Kecepatan 3.29 m/s	46

4.4.19 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Perendaman 120, 240, dan 720 pada Salinitas 3% tanpa Kecepatan	46
4.4.20 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Perendaman 120, 240 dan 720 Jam pada Salinitas 3%	47
4.4.21 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Galvanis Perendaman 120, 240 dan 720 Jam pada Salinitas 3% Tanpa Kecepatan	47
4.4.22 Grafik Perbandingan Rata-Rata Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen Pipa Baja Galvanis Salinitas 3% Tanpa Aliran Kecepatan	48
4.4.23 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Perendaman 120, 240 dan 720 Jam pada Salinitas 6% Tanpa Kecepatan	48
4.4.24 Grafik Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Perendaman 120, 240, dan 720 Jam pada Salinitas 6%	49
4.4.25 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Galvanis Perendaman 120, 240, dan 720 Jam pada Salinitas 6% Tanpa Kecepatan	49
4.4.26 Grafik Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Perendaman 120, 240, dan 720 Jam pada Salinitas 6%	50
4.5 Perhitungan <i>Lifetime</i> Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis	51
4.5.1 <i>Lifetime</i> Pipa Perendaman Salinitas 3%	51
4.5.2 <i>Lifetime</i> Pipa Perendaman Salinitas 6%	52
4.5.3 Prediksi <i>Lifetime</i> Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis dengan Aliran Kecepatan 3.95 m/s	53
4.5.4 Prediksi <i>Lifetime</i> Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis dengan Aliran Kecepatan 3.29 m/s	54
4.6 Perbandingan Laju Korosi dengan Penelitian Lain	55
4.6.1 Pengaruh Salinitas Terhadap Laju Korosi	55
4.6.2 Pengaruh Kecepatan Terhadap Laju Korosi	56
4.7 Struktur Mikro Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis	57
4.7.1 Struktur Mikro Pipa Baja Karbon	57
4.7.2 Struktur Mikro Pipa Baja Galvanis	57
BAB V	59
KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Korosi Merata	5
Gambar 2.2 Korosi Galvanis	5
Gambar 2.3 Korosi Sumuran.....	6
Gambar 2.4 Korosi Celah.....	6
Gambar 2.5 Korosi Retak Tegang	7
Gambar 2.6 Korosi Intergranular	7
Gambar 2.7 Korosi Atmosfer	8
Gambar 2.8 Korosi Regangan	9
Gambar 2.9 Korosi Erosi	10
Gambar 2.10 Korosi pada Kapal Baja.....	11
Gambar 3.1 Alir Perancangan Apparatus	17
Gambar 3.2 Pembuatan Apparatus	18
Gambar 3.3 Rangkaian Prosedur Percobaan	20
Gambar 3.4 Alir Pengerjaan.....	21
Gambar 3.5 Alir Percobaan Tanpa Kecepatan	25
Gambar 3.6 Alir Percobaan dengan Kecepatan.....	26
Gambar 4.1 Pemotongan Pipa Menjadi Spesimen	27
Gambar 4.2 Kalibrasi Salinometer	28
Gambar 4.3 Aquadest dan NaCl.....	28
Gambar 4.4 Pengadukan NaCl dengan Stirring	29
Gambar 4.5 Wadah Larutan	29
Gambar 4.6 Tombol Kalibrasi Pembuat nol.....	30
Gambar 4.7 Jangka Sorong Digital	30
Gambar 4.8 Pengukuran Menggunakan Neraca Analitik.....	31
Gambar 4.9 Perendaman Pipa Baja Galvanis.....	33
Gambar 4.10 Perendaman Pipa Baja Karbon.....	33
Gambar 4.11 Pembersihan Spesimen	33
Gambar 4.12 Pengukuran Dimensi Spesimen	34
Gambar 4.13 Grafik Laju Korosi Perendaman 120 Jam Salinitas 3 %	35
Gambar 4.14 Grafik Laju Korosi Perendaman 120 Jam Salinitas 6 %	36
Gambar 4.15 Grafik Laju Korosi Perendaman 120 Jam Salinitas 9 %	38
Gambar 4.16 Grafik Laju Korosi Perendaman 240 Jam Salinitas 3 %	39
Gambar 4.17 Grafik Laju Korosi Perendaman 240 Jam Salinitas 6 %	40
Gambar 4.18 Grafik Laju Korosi Perendaman 720 Jam Salinitas 3 %	42
Gambar 4.19 Grafik Laju Korosi Perendaman 720 Jam Salinitas 6 %	43
Gambar 4.20 Grafik Laju Korosi Kecepatan 3.95 m/s	44
Gambar 4.21 Grafik Laju Korosi Kecepatan 3.29 m/s	46
Gambar 4.22 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Salinitas 3 %	47
Gambar 4.23 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Galvanis Salinitas 3 %	48

Gambar 4.24 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Salinitas 6%	49
Gambar 4.25 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Galvanis Salinitas 6%	50
Gambar 4.26 Laju Korosi Pipa Baja Karbon Pengaruh Salinitas.....	55
Gambar 4.27 Perbandingan Laju Korosi pada Beberapa Kecepatan.....	56
Gambar 4.28 Foto Mikro Pipa Baja Karbon	57
Gambar 4.29 Foto Mikro Pipa Baja Galvanis	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kerusakan Material oleh Korosi Merata	15
Tabel 2.2 Minimum Ketebalan pada Pipa Baja.....	15
Tabel 2.3 Minimum Pipa Stainless Steel.....	15
Tabel 2.4 Minimum Pipa Tembaga dan Tembaga Paduan.....	16
Tabel 3.5 Alat dan Bahan Percobaan	22
Tabel 4.6 Berat Awal Pipa Baja Karbon	31
Tabel 4.7 Berat Awal Pipa Galvanis	32
Tabel 4.8 Laju Korosi Pipa Baja Karbon	35
Tabel 4.9 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis	35
Tabel 4.10 Rata-rata Laju Korosi Perendaman 120 Jam	35
Tabel 4.11 Laju Korosi Pipa Baja Karbon	36
Tabel 4.12 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis	36
Tabel 4.13 Tabel Rata-rata Laju Korosi Perendaman 120 Jam	36
Tabel 4.14 Laju Korosi Pipa Baja Karbon	37
Tabel 4.15 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis	37
Tabel 4.16 Tabel Rata-rata Laju Korosi Perendaman 120 Jam	37
Tabel 4.17 Laju Korosi Pipa Baja Karbon	38
Tabel 4.18 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis	39
Tabel 4.19 Tabel Rata-rata Laju Korosi Perendaman 120 Jam	39
Tabel 4.20 Laju Korosi Pipa Baja Karbon	40
Tabel 4.21 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis	40
Tabel 4.22 Rata-rata Laju Korosi Perendaman 240 Jam	40
Tabel 4.23 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis	41
Tabel 4.24 Laju Korosi Pipa Baja Karbon	41
Tabel 4.25 Tabel Rata-rata Laju Korosi Perendaman 720 Jam	41
Tabel 4.26 Laju Korosi Pipa Baja Karbon	42
Tabel 4.27 Laju Korosi Pada Pipa Baja Galvanis	43
Tabel 4.28 Rata-rata Laju Korosi Perendaman 720 Jam	43
Tabel 4.29 Laju Korosi Pipa Baja Karbon	44
Tabel 4.30 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis	44
Tabel 4.31 Tabel Rata-rata Laju Korosi	44
Tabel 4.32 Laju Korosi Pipa Baja Karbon	45
Tabel 4.33 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis	45
Tabel 4.34 Rata-rata Laju Korosi	45
Tabel 4.35 Tabel Laju Korosi Pipa Baja Karbon	46
Tabel 4.36 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis	47
Tabel 4.37 Laju Korosi Pipa Baja Karbon	48
Tabel 4.38 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis	49

Tabel 4.39 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon Salinitas 3%	51
Tabel 4. 40 Prediksi Usia Pipa Baja Galvanis Salinitas 3%	51
Tabel 4.41 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon Salinitas 6%	52
Tabel 4.42 Prediksi Usia Pipa Baja Galvanis Salinitas 6%	52
Tabel 4.43 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon dengan Kecepatan 0.3 m/hour	53
Tabel 4.44 Prediksi Usia Pipa Baja Galvanis Kecepatan 0.3 m/ hour.....	53
Tabel 4.45 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon Kecepatan 0.2 m/ hour.....	54
Tabel 4.46 Prediksi Usia Pipa Baja Galvanis Kecepatan 0.2 m/ hour.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Korosi adalah degradasi logam atau kerusakan karena reaksi kimia (redoks) antara suatu logam dengan berbagai zat di lingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki. Pada kapal, korosi sangat berpengaruh terhadap kekuatan yang mengakibatkan turunnya umur pakai kapal, sehingga dapat mengurangi jaminan keselamatan muatan barang dan penumpang kapal. Untuk menghindari kerugian yang lebih besar akibat korosi air laut maka diperlukan suatu perlindungan korosi pada material kapal.

Selain pada pelat korosi juga dapat terjadi pada pipa-pipa pada kapal. Sesuai dengan peraturan kelas bahwa ketika ketebalan pelat berkurang sebesar 20% dari ketebalan awal maka pelat tersebut harus diganti. Sama halnya dengan pipa yang terdapat pada kapal kelas juga memberlakukan peraturan terhadap batas ketebalan pipa yang diakibatkan oleh korosi. Pada penelitian ini akan dihitung laju korosi yang terdapat pada pipa karbon biasa dan pipa karbon galvanis.

Penelitian ini dilakukan karena pada kapal terdapat system-system yang menggunakan jenis pipa tersebut. Pipa karbon biasa digunakan pada system Ballast, system pendingin dan System bahan bakar. Sementara, Pipa Galvanis digunakan pada system bilga dan Seachest. Untuk itu analisa laju korosi perlu dilakukan agar perawatan dan pemilihan pipa dapat dilakukan dengan baik.

Metode yang digunakan dalam menghitung laju korosi adalah Metode kehilangan berat. Metode kehilangan berat (*weight losses*) adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Pada akhir penelitian akan diperoleh hasil perhitungan laju korosi dari material-material tersebut sehingga dapat diterapkan untuk menghitung prediksi usia dari material-material tersebut.

1.1 Rumusan Masalah

Dalam mengerjakan tugas akhir ini ada beberapa permasalahan yang harus diselesaikan, permasalahannya antara lain:

1. Berapa nilai laju korosi pipa baja karbon dan pipa baja galvanis pada waktu perendaman tertentu dan salinitas tertentu?
2. Berapa nilai laju korosi pipa baja karbon dan pipa galvanis dengan variasi kecepatan pada larutan perendaman?
3. Berapa usia pipa yang disarankan sebelum melakukan pergantian?

1.2 Tujuan Penelitian

Dari permasalahan yang dikemukakan, tujuan yang ingin didapatkan dari Tugas Akhir ini adalah untuk menganalisa laju korosi pada pipa dengan metode kehilangan berat. Secara terperinci tujuan penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui tingkat laju korosi pipa baja karbon dan pipa galvanis pada variasi waktu dan variasi salinitas tertentu

2. Mengetahui tingkat laju korosi pipa baja karbon dan pipa galvanis pada variasi kecepatan
3. Mengetahui usia pipa melalui analisa laju korosi dan peraturan kelas

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang ditentukan dalam penelitian ini agar tujuannya lebih terfokus dan tidak terlalu meluas yaitu:

1. Laju korosi yang diteliti adalah 2 pipa yaitu pipa karbon biasadan pipa karbon galvanis.
2. Bagian pipa yang diukur ketebalannya adalah pada pipa bagian luar.
3. Analisa ekonomi tidak diperhitungkan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari analisa penelitian laju korosi ini adalah:

1. Bagi Institusi
Menjadi referensi untuk mahasiswa yang akan mengambil penelitian mengenai laju korosi.
2. Bagi Mahasiswa
Menambah pengetahuan mengenai laju korosi dan menyelesaikan tugas akhir sebagai persyaratan menyelesaikan perkuliahan.
3. Bagi Unit Galangan Kapal
Menjadi referensi untuk melakukan pergantian komponen yang mengalami korosi.
4. Bagi Pemilik Kapal
Menjadi referensi untuk mempertimbangkan biaya perawatan kapal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Korosi

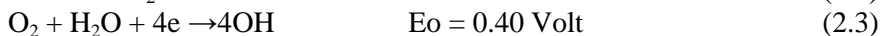
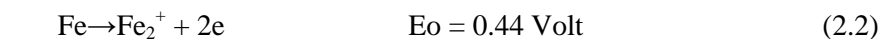
Korosi adalah kerusakan atau *degradasi* logam akibat reaksi dengan lingkungan yang korosif. Korosi dapat juga diartikan sebagai serangan yang merusak logam karena logam bereaksi secara kimia atau elektrokimia dengan lingkungan. Korosi atau secara awam lebih dikenal dengan istilah pengkaratan merupakan fenomena kimia pada bahan-bahan logam diberbagai macam kondisi lingkungan. Penyelidikan tentang sistim elektrokimia telah banyak membantu menjelaskan mengenai korosi ini, yaitu reaksi kimia antara logam dengan zat-zat yang ada di sekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam matrik logam itu sendiri. Jadi dilihat dari sudut pandang kimia, korosi pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang berkontak langsung dengan lingkungan berair dan oksigen. Bila ditinjau dari interaksi yang terjadi, korosi adalah proses *transfer* elektron dari logam ke lingkungannya. Logam bertindak sebagai sel yang memberikan elektron (anoda) dan lingkungan bertindak sebagai penerima elektron (katoda). Sedangkan penurunan mutu yang diakibatkan interaksi secara fisik bukan disebut korosi, namun biasa dikenal sebagai erosi dan keausan. Dengan reaksi ini sebagian logam akan “hilang”, menjadi suatu senyawa yang lebih stabil. Di alam, logam pada umumnya berupa senyawa, karena itu peristiwa korosi juga dapat dianggap sebagai peristiwa kembalinya logam menuju bentuknya sebagaimana ia terdapat di alam. Dan ini merupakan kebalikan dari proses *extractive metallurgy*, yang memurnikan logam dari senyawanya. (Academia.Edu, 2017)

2.1.1 Mekanisme Korosi

Mekanisme korosi tidak terlepas dari reaksi elektrokimia. Reaksi elektrokimia perpindahan elektron-elektron. Perpindahan elektron merupakan hasil reaksi redoks (reduksi-oksidasi). Mekanisme korosi melalui reaksi elektrokimia melibatkan reaksi *anodic* di daerah *anodic*. Reaksi *anodic* (oksidasi) diindikasikan melalui peningkatan valensi atau produk elektron-elektron. Reaksi *anodic* terjadi pada proses korosi logam yaitu:



Proses korosi dari logam M adalah proses oksidasi logam menjadi satu ion ($n+$) dalam pelepasan elektron. Harga dari n bergantung dari sifat logam sebagai contoh yaitu:



Kedua reaksi menghasilkan potensial reaksi yang positif ($E = 0.84 \text{ Volt}$) menunjukkan bahwa reaksi ini dapat terjadi. Jika proses ini dalam suasana asam maka, proses reaksinya adalah:



dan potensial reaksinya semakin besar yaitu:

$$E = (0.44 + 1.23) = 1.63 \text{ Volt} \quad (2.5)$$

Dengan kata lain proses korosi besi akan lebih mudah terjadi dalam suasana asam. Pada logam yang sama, salah satu bagian permukaannya dapat menjadi anoda dan bagian permukaan lainnya menjadi katoda. Hal ini bisa saja terjadi karena kemungkinan logam terdiri dari fase yang berbeda, karena permukaan logam dilapisi dengan kondisi *coating* yang berbeda, atau karena di permukaan logam terdapat lebih dari satu macam elektrolit. Tabel 2. 2 merupakan tabel yang menampilkan sistem paduan zat penyebab karat dan kondisi lingkungan. (Academia.Edu, 2017)

2.1.2 Jenis Korosi

2.1.2.1 Korosi Merata

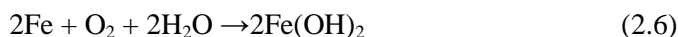
Korosi merata adalah korosi yang terjadi secara serentak di seluruh permukaan logam, oleh karena itu pada logam yang mengalami korosi merata akan terjadi pengurangan dimensi yang relatif besar per satuan waktu. Kerugian langsung akibat korosi merata berupa kehilangan material konstruksi, keselamatan kerja dan pencemaran lingkungan akibat produk korosi dalam bentuk senyawa yang mencemarkan lingkungan. Sedangkan kerugian tidak langsung antara lain berupa penurunan kapasitas dan peningkatan biaya perawatan (*preventive maintenance*). Kerusakan material yang diakibatkan oleh korosi merata yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kerusakan Material oleh Korosi Merata (Fontana, 1896)

Ketahanan Relatif Korosi	Mpy (<i>mill per year</i>)	mm/yr	µm/yr	nm/h
<i>Outstanding</i>	<1	< 0,02	< 25	<2
<i>Excellent</i>	1 – 5	0,02 – 0,1	25 – 100	2 – 10
<i>Good</i>	5 – 20	0,1 – 0,5	100 – 500	10 – 150
<i>Fair</i>	20 – 50	0,5 – 1	500 – 1000	50 – 150
<i>Poor</i>	50 – 200	1 – 5	1000 – 5000	150 – 500
<i>Unexceptable</i>	200 +	5 +	5000 +	500 +

Korosi merata yang terjadi pada logam besi prosesnya ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Reaksi yang terjadi adalah :





Gambar 2. 1 Korosi Merata (adimasmc, 2014)

2.1.2.2 Korosi Galvanik

Korosi galvanik terjadi apabila dua logam yang tidak sama dihubungkan dan berada di lingkungan korosif. Salah satu dari logam tersebut akan mengalami korosi, sementara logam lainnya akan terlindungi dari serangan korosi. Logam yang mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial yang lebih rendah dan logam yang tidak mengalami korosi adalah logam yang memiliki potensial yang lebih tinggi. Contoh dari korosi galvanik ditunjukkan pada Gambar 2. 2.



Gambar 2. 2 Korosi Galvanis (adimasmc, 2014)

2.1.2.3 Korosi Sumuran

Korosi sumuran adalah korosi lokal yang terjadi pada permukaan yang terbuka akibat pecah nya lapisan pasif. Terjadinya korosi sumuran ini diawali dengan pembentukan lapisan pasif dan elektrolit terjadi penurunan pH, sehingga terjadi

pelarutan lapisan pasif secara perlahan-lahan dan menyebabkan lapisan pasif pecah sehingga terjadi korosi sumuran. Korosi sumuran ini sangat berbahaya karena lokasi terjadinya sangat kecil tetapi sangat dalam, sehingga dapat menyebabkan peralatan (struktur) patah mendadak. Contoh dari korosi sumuran ditunjukkan pada Gambar 2. 3.



Gambar 2. 3 Korosi Sumuran (adimasmc, 2014)

2.1.2.4 Korosi Celah

Korosi celah adalah korosi lokal yang terjadi pada celah diantara dua komponen. Mekanisme terjadinya korosi celah ini diawali dengan terjadinya korosi merata di luar dan di dalam celah, sehingga terjadi oksidasi logam dan reduksi oksigen. Pada suatu saat oksigen (O_2) didalam celah habis, sedangkan diluar celah masih banyak. Akibatnya permukaan logam yang berhubungan dengan bagian luar menjadi katoda dan permukaan logam didalam menjadi anoda sehingga terbentuk celah yang terkorosi. Contoh dari korosi celah ditunjukkan pada Gambar 2. 4.



Gambar 2. 4 Korosi Celah (adimasmc, 2014)

2.1.2.5 Korosi Retak Tegang, Korosi Retak Fatik, dan Korosi Akibat Pengaruh Hidrogen.

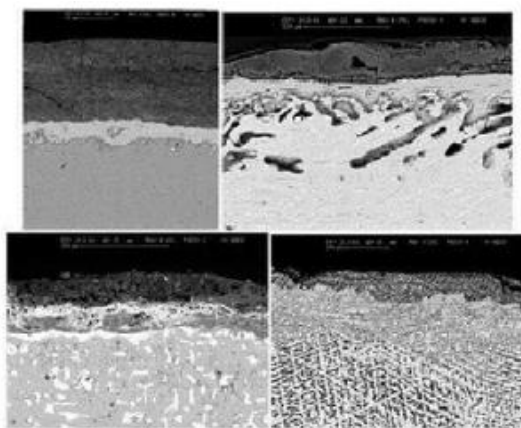
Korosi retak tegang, korosi retak fatik dan korosi akibat pengaruh hydrogen adalah bentuk korosi dimana material mengalami keretakan akibat pengaruh lingkungannya. Korosi retak tegang terjadi pada paduan logam yang mengalami tegangan tarik statis di lingkungan tertentu, seperti baja tahan karat sangat rentan terhadap nitrat. Korosi retak fatik terjadi akibat tegangan berulang di lingkungan korosif, sedangkan korosi akibat pengaruh hidrogen terjadi karena berlangsungnya difusi hidrogen kedalam kisi paduan.



Gambar 2. 5 Korosi Retak Tegang (admasmc, 2014)

2.1.2.6 Korosi Intergranular

Korosi intergranular adalah bentuk korosi yang terjadi pada paduan logam akibat terjadinya reaksi antar unsur logam di batas butirnya. Seperti yang terjadi pada baja tahan karat *austenitic* apabila diberi perlakuan panas. Contoh dari korosi intergranular ditunjukkan pada Gambar 2. 6.



Gambar 2. 6 Korosi Intergranular(zulfiani , 2011)

2.1.2.7 Korosi Atmosfer

Korosi ini terjadi akibat proses elektrokimia antara dua bagian benda padat khususnya metal besi yang berbeda potensial dan langsung berhubungan dengan udara terbuka. Contoh dari korosi atmosfer tegang ditunjukkan pada Gambar 2.7

Faktor-faktor yang menentukan tingkat karat atmosfer, yaitu:

- Jumlah zat pencemar di udara (debu, gas), butir-butir arang, oksida metal.
- Suhu
- Kelembaban kritis
- Arah dan kecepatan angin
- Radiasi matahari
- Jumlah curah hujan



Gambar 2. 7 Korosi Atmosfer (admasmc,2014)

2.1.2.8 Korosi Regangan

Korosi ini terjadi karena pemberian tarikan atau kompresi yang melebihi batas ketentuannya. Kegagalan ini sering disebut Retak Karat Regangan (RKR) atau *stress corrosion cracking*. Sifat jenis retak ini sangat spontan (tiba-tiba terjadinya/spontaneous), regangan biasanya bersifat internal yang disebabkan oleh perlakuan yang diterapkan seperti bentukan dingin atau merupakan sisa hasil pengerjaan (residual) seperti pengelingan atau pengepresan dan lain-lain.

Untuk material kuningan jenis KKR disebut *season cracking*, dan pada material *low karbon steel* disebut *caustic embrittlement* (kerapuhan basa), karat ini terjadi sangat cepat dalam hitungan menit, yakni jika semua persyaratan untuk terjadinya karat regangan ini telah terpenuhi pada suatu momen tertentu yakni adanya regangan internal dan terciptanya kondisi korosif yang berhubungan dengan konsentrasi zat karat (*corrodent*) dan suhu lingkungan. Contoh dari korosi regangan tegang ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Korosi Regangan (admasmc, 2014)

2.1.2.9 Korosi Arus Liar

Korosi arus liar ialah merasuknya arus searah secara liar tidak disengaja pada suatu konstruksi baja, yang kemudian meninggalkannya kembali menuju sumber arus. Pada titik dimana arus meninggalkan konstruksi akan terjadi serangan karat yang cukup serius sehingga dapat merusak konstruksi tersebut. Terdapat 2 jenis sel arus yang dipaksakan, yaitu:

- a) Sel arus liar yang terjadi secara eksidental (tidak disengaja)

Seperti arus liar pada kereta api listrik, yang melaju disamping atau berdekatan dengan pipa air minum di dalam tanah yang terbuat dari baja galvanis atau baja berlapis beton sebelah dalam dan berbalut (*wrapped*) sebelah luar. Keretakan terjadi pada daerah keluarnya arus liar yang berasal dari rel kereta listrik tersebut. Tempat dimana arus liar masuk ke dalam pipa, menjadi katoda, sedangkan dimana arus liar meninggalkan pipa menjadi anoda dan berkarat. Karat akhirnya dapat melubangi pipa PDAM tersebut.

- b) Sel arus paksa disengaja

Seperti sel perlindungan katodik pada pipa bawah tanah, arus berasal dari sumber arus listrik searah menuju elektroda dan melalui tanah arus mengalir dari elektroda ke pipa sehingga pipa menjadi katoda yang tidak berkarat. Selanjutnya arus kembali ke sumber (*rectifier*)

2.1.2.10 Korosi Erosi

Korosi erosi ialah proses perusakan pada permukaan logam yang disebabkan oleh aliran fluida yang sangat cepat. Korosi erosi dapat dibedakan pada 3 kondisi:

- a. Kondisi aliran laminar;
- b. Kondisi aliran turbulensi;
- c. Kondisi peronggaan.

Korosi erosi disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

- a. Perubahan drastis pada diameter lubang bor atau arah pipa.
- b. Penyekat pada sambungan yang buruk pemasangannya.
- c. Adanya celah yang memungkinkan fluida mengalir di luar aliran utama

- d. Adanya produk korosi atau endapan lain yang mengganggu aliran laminar. Contoh dari korosi erosi ditunjukkan pada Gambar 2.9



Gambar 2. 9 Korosi Erosi (admasmc,2014)

2.1.3 Korosi Pada Kapal Baja

Salah satu sumber kerusakan terbesar dalam pada kapal laut adalah disebabkan oleh korosi air laut. Sampai saat ini penggunaan besi dan baja sebagai bahan utama pembuatan kapal masih dominan. Dari segi biaya dan kekuatan, penggunaan besi dan baja untuk bangunan kapal memang cukup memadai. Tetapi besi dan baja sangat reaktif dan mempunyai kecenderungan yang besar terserang korosi air laut. Korosi merupakan suatu proses degradasi dari suatu logam yang dikarenakan terjadinya reaksi kimia logam tersebut dengan lingkungannya (Supomo, 2003).

Pada dasarnya korosi adalah peristiwa pelepasan elektron-elektron dari logam (besi atau baja) yang berada di dalam larutan elektrolit misalnya air laut. Sedangkan atom-atom yang bermuatan positif dari logam (Fe_3^+) akan bereaksi dengan ion *hydroxyl* (OH^-) membentuk *ferri* hidroksida $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ yang dikenal sebagai karat. Berdasarkan segi konstruksi pada kapal laut, plat lambung kapal adalah daerah yang pertama kali terkena air laut. Korosi pada pelat badan kapal dapat mengakibatkan turunnya kekuatan dan umur pakai kapal dan faktor keselamatan dan keamanan pada kapal tersebut. Untuk menghindari kerugian yang lebih besar akibat korosi air laut, maka perawatan dan pemeliharaan kapal harus dilakukan secara berkala. Dan jika korosi yang terjadi pada kapal baja sudah melampaui batas kewajaran dari standar yang ditentukan, plat yang mengalami korosi parah harus diganti (*replating*). Adapun standart yang berlaku di dunia perkapalan adalah ABS (*American Bureau of Shipping*), BKI (Biro Klasifikasi Indonesia), DNV (*Det Norske Veritas*), RINA (*Registro Italiano Navale*), GL (*GermanyLloyd*), LR (*Lloyd Register*), BV (*Bureau Veritas*), NK (*Nippon Kaiji Kyokai*), CCS(*China Clasification Society*).Contoh dari korosi pada kapal baja ditunjukkan pada Gambar 2.10 dan klasifikasi pipa ditunjukkan pada Tabel 2.3



Gambar 2. 10 Korosi Pada Kapal Baja (Aryopk, 2013)

2.1.4 Pipa pada Kapal

Dari sekian jenis pembuatan pipa secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu jenis pipa tanpa sambungan (pembuatan pipa tanpa sambungan pengelasan) dan jenis pipa dengan sambungan (pembuatan pipa dengan pengelasan). Pipa adalah suatu batang silindef berongga yang dapat berfungsi untuk dilalui atau mengalirkan zat cair, uap, gas ataupun zat padat yang dapat dialirkan yang berjenis serbuk/tepung. Untuk pembuatan pipa baja dapat dibuat dengan beberapa metode antara lain seamless pipe, butt welded pipe dan spiral welded pipe. Pembuatan pipa disesuaikan dengan kebutuhan dan dibedakan dari batas kekuatan tekanan, ketebalan dinding pipa, temperature zat yang mengalir, jenis material berkaitan dengan korosi dan kekuatan pipa tersebut. Penamaan pipa sering disebut dari jenis pipa dan ukuran pipa yaitu diameter pipa. Diameter pipa sendiri dibagi dua: diameter luar dan diameter dalam, selain itu ada yang memakan pipa dari ketebalan pipa yaitu ketebalan antara diameter luar dan diameter dalam dan sekarang dikenal dengan Schedules.

Untuk instalasi pipa dikapal tentu pipa-pipa tersebut tidak hanya terdiri dari pipa lurus melainkan terdapat belokan, cabang, mengecil naik dan turun. Panjang dari pipa pin beragam-ragam. Berkaitan dengan hal ini maka kita mengenal beberapa jenis sambungan pipa seperti sambungan ulir, sambungan shock dan samabungan dengan las (*butt welded*) dan sambungan dengan menggunakan flange. Selain itu juga dikenal istilah belokan atau elbow, cabang T, cabang Y dan ada juga pengecilan diameter pipa yang disebut reducer.

Jenis pipa yang terdapat pada kapal terdiri dari berbagai jenis ditinjau dari material pipa sesuai dengan kegunaanya. Material pipa dikapal pada umumnya terbuat dari baja galvanis, baja hitam, baja campuran, stainless steel, kuningan, tembaga ataupun aluminium. Pada kegunaan tertentu terdapat pila pipa yang terbuat dari bahan nonmetal seperti rubber hose, gelas dan PVC.

2.1.5 Pipa Baja Galvanis

Pipa Baja galvanis adalah pipa baja lapis seng (Zn) dengan kandungan bahan seng yang memiliki tingkat kemurnian tinggi (99,7%) ditambah dengan sejumlah timah hitam dan aluminium dalam jumlah tertentu diproses dengan kondisi bebas oksidasi sehingga menghasilkan baja lapis seng dengan kualitas yang handal (Priyotomo, 2008). Lapisan galvanis dibentuk oleh reaksi antara baja dengan seng pada temperatur galvanis, metalurgi baja dan kondisi permukaan akan mempengaruhi ketebalan hasil galvanis. Baja galvanis memiliki sifat yang dapat memperbaiki goresan kecil, baja terekspos ke udaraluar akan ditutup kembali oleh seng. Hal ini terjadi karena seng di sekitarnya akan terserap dan mengendap pada baja tersebut mengganti apa yang sebelumnya hilang karena goresan (Gusriandra, 2008).

2.1.6 Pipa Baja Karbon

Pipa baja karbon adalah salah satu jenis pipa yang banyak dipakai di dunia industri. Beberapa jenis industri yang memiliki produksi atau jenis fluida yang cenderung memiliki sifat berupa suhu yang ekstrim layaknya sangat panas, tekanan yang sangat besar, atau sifat dan kekuatan yang besar layaknya industri minyak bumi atau bahkan gas memakai jenis pipa ini mengingat kemampuannya untuk memindahkan fluida dengan sifat di atas dengan sangat baik. Salah satu jenis pipa baja karbon yang banyak digunakan di industri tanah air adalah pipa spiral atau dalam bahasa aslinya adalah spiral welded pipe. Meskipun namanya spiral, namun kita tidak bisa membayangkan pipa ini memiliki bentuk spiral yang tentu saja akan membuat fluida yang dipindahkan di dalamnya akan meluber kemana-mana. Kata spiral sendiri berasal dari bentuk luaran permukaan dari jenis pipa ini yang memiliki pola spiral karena bahan baku pembuatannya berupa pelat baja strip yang disambung-sambung menjadi satu dengan pola layaknya spiral dan membentuk pipa. Pipa ini memiliki bentuk yang hampir sama dengan jenis pipa-pipa lainnya yang mudah ditemui di pasaran yang tentu saja berbentuk silinder dengan lubang di tengahnya sebagai tempat mengalirnya fluida. Ukuran dari pipa ini pun bermacam-macam, namun biasanya di dunia industri, pipa-pipa spiral dengan ukuran besar akan lebih banyak ditemui mengingat kebutuhan proses produksi yang cenderung bervolume besar, namun, pipa ini cenderung tipis sehingga penggunaannya pun terbatas agar tidak digunakan pada sistem perpipaan bertekanan. Pipa spiral akan jauh lebih cocok jika digunakan sebagai pipa casing atau pipa pondasi dan pipa support. Pipa spiral juga membutuhkan jumlah sambungan yang cukup banyak per satuan panjangnya sehingga membutuhkan inspeksi pengelasan dan sambungan yang lebih banyak.

Pipa baja karbon diklasifikasikan menurut komposisi kimia yang terkandung di dalamnya. Pipa baja dan fitting merupakan paduan dari besi (Fe) dan karbon (C), dan mengandung karbon kurang dari 1,7%. Klasifikasi baja dalam tiga kelompok, yaitu: Carbon steel, low alloy steel dan high alloy steel. Baja karbon terdiri dari besi, karbon kurang dari 1,7%, mangan kurang dari 1,65%, sejumlah silikon (Si), aluminium (Al), dan batas kontaminan seperti belerang (S), oksigen (O), nitrogen (N), dan tidak ada batas minimal yang ditentukan untuk elemen seperti Al, Cr, Co, Ni, Mo, Ni [ASM,

ASTM A 941]. Baja karbon adalah bahan pipa yang paling umum dalam industri power plant, kimia, proses, hidrokarbon dan pipa industri. Spesifikasi pipa baja karbon umum digunakan dalam steam operation, air atau udara termasuk ASTM A106 dan ASTM A53. Baja karbon yang umum untuk aplikasi pipeline adalah pipa API 5L. Baja ringan adalah baja karbon dengan kandungan karbon kurang dari 0,30%. Sedangkan untuk bajakarbon menengah memiliki 0,30% sampai 0,60% karbon dan baja karbon tinggi memiliki karbon diatas 0,6%.

2.2 ASTM G31-72

ASTM Internasional merupakan organisasi internasional sukarela yang mengembangkan standardisasi teknik untuk material, produk, sistem dan jasa. ASTM Internasional yang berpusat di Amerika Serikat. ASTM merupakan singkatan dari American Society for Testing and Material, dibentuk pertama kali pada tahun 1898 oleh sekelompok insinyur dan ilmuwan untuk mengatasi bahan baku besi pada rel kereta api yang selalu bermasalah. Sekarang ini, ASTM mempunyai lebih dari 12.000 buah standar. Standar ASTM banyak digunakan pada negara-negara maju maupun berkembang dalam penelitian akademisi maupun industry. ASTM G31-72 merupakan standard yang digunakan untuk melakukan percobaan terhadap spesimen dengan metode kehilangan berat. Pada ASTM G31-72 dijelaskan prosedur dan faktor-faktor yang mempengaruhi mulai dari pencelupan spesimen dan partikel partikel tes metode kehilangan berat. Adapun faktor-faktor yang akan dibahas pada ASTM G31-72 ini adalah persiapan spesimen yang akan diteliti, apparatus, test kondisi, metode pembersihan spesimen, evaluasi hasil, dan perhitungan laju korosi.

2.3 Jurnal Terkait

Penelitian ini dilakukan mengacu terhadap penelitian yang dilakukan sebelumnya. Adapun jurnal yang dijadikan acuan untuk melakukan penelitian ini berjudul “*Analisa Laju Korosi pada Pelat Baja Karbon dengan Variasi Ketebalan Coating*”. Jurnal ini dibuat oleh Yudha Kurniawan Afandi (2011) , Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Jurnal ini memilih baja karbon sebagai objek penelitian dan variasi coating sebagai variabel bebas. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan laju korosi dengan metode elektrokimia. Langkah awal untuk menghitung laju korosi dengan metode elektrokimia adalah membagi material dalam beberapa spesimen uji, kemudian baja dicoating dengan variasi ketebalan. Spesimen dicat dengan cat merk Alkyd dan Epoxy. Baja direndam dalam larutan dengan salinitas 3,5 %. Setelah melakukan pencelupan spesimen diuji dengan alat potensiostat autolab dan menggunakan software NOVA untuk menghitung laju korosi.

Jurnal lain yang menjadi acuan dalam melakukan penelitian ini berjudul “ *Analisa Laju Korosi Pada Baja Karbon Ringan (Mild Steel) dengan Perlakuan Bending pada Media Pengkorosi Larutan Asam*”, Jurnal inidibuat oleh LinggaBayu Permadi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya. Penelitian ini memilih baja karbon ringan sebagai objek dan bending (tekukan) sebagai variabel bebas. Pada jurnal ini dijelaskan perhitungan laju korosi dengan metode kehilangan berat menurut buku Fontana tahun 1985. Pada jurnal ini juga dijelaskan percobaan dilakukan sesuai prosedur yang diadopsi dari ASTM G31-72 tahun 2004. Pada Jurnal tersebut dilakukan perendaman dengan beberapa variasi waktu dan masing masing waktu laju korosinya

dihitung dan dibandingkan. Pada penelitian dalam jurnal tersebut dilakukan foto spesimen dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy) untuk melihat permukaan yang berubah yang diakibatkan oleh korosi. Pada penelitian diperoleh hasil yaitu nilai laju korosi yang paling tinggi terjadi pada pelat baja yang memiliki sudut bending tertinggi dan larutan HCL yang memiliki konsentrasi tertinggi.

2.4 Metode Kehilangan Berat

Metode kehilangan berat adalah perhitungan laju korosi dengan mengukur kekurangan berat akibat korosi yang terjadi. Metode ini menggunakan jangka waktu penelitian hingga mendapatkan jumlah kehilangan akibat korosi yang terjadi. Untuk mendapatkan jumlah kehilangan berat akibat korosi digunakan rumus sebagai berikut (Fontana, 1986):

$$\Delta W = W_0 - W_1 \quad (2.7)$$

Keterangan :

ΔW = Selisih berat (gram)

W_0 = Berat sebelum diuji (gram)

W_1 = Berat setelah diuji (gram)

Metode ini mengukur kembali berat awal benda uji (objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi pada benda tersebut), kekurangan berat daripada berat awal merupakan nilai kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan kedalam rumus untuk mendapatkan laju kehilangan beratnya (Fontana, 1986).

$$CR (mpy) = \frac{W \times K}{D \times A \times T} \quad (2.8)$$

Keterangan:

CR = Laju korosi (mmpy)

W = *Weight Loss* (gram)

K = Konstanta Faktor

D = Densitas Spesimen (g/mm³)

A = Luas Permukaan (mm²)

T = Waktu (jam)

$$CR (mpy) = \frac{87,6 \times W (mm)}{D \times A \times T (tahun)} \quad (2.9)$$

Metode ini bila dijalankan dengan waktu yang lama dan *sustainable* dapat dijadikan acuan terhadap kondisi tempat spesimen diletakkan (dapat diketahui seberapa korosif daerah tersebut) juga dapat dijadikan referensi untuk *treatment* yang harus diterapkan pada daerah dan kondisi tempat spesimen tersebut diteliti.

2.5 Salinitas

Salinitas adalah kadar ion-ion yang terlarut dalam air (Boyd:1982). Sementara salinitas air adalah tingkat keasinan atau kadar garam yang terlarut dalam air. Satuan salinitas bisa dinyatakan dalam gram garam per kilogram air, atau juga bisa dalam bagian per seribu (ppt atau ‰). Air tawar memiliki sedikit garam, biasanya kurang dari 0,5 ppt. Air dengan salinitas 0,5-17 ppt disebut air payau, yang ditemukan di muara sungai dan rawa-rawa garam pantai. Tergantung pada lokasi dan sumber air tawar, beberapa muara dapat memiliki salinitas setinggi 30 ppt. Air laut rata-rata 35 ppt, tetapi

dapat berkisar antara 30 – 40 ppt. Hal ini terjadi karena perbedaan penguapan, curah hujan, pembekuan, dan limpasan air tawar dari tanah di lintang dan lokasi yang berbeda. Salinitas air laut juga bervariasi dengan kedalaman air karena massa jenis air dan tekanan meningkat dengan kedalaman

2.6 Peraturan Biro Klasifikasi Indonesia terhadap Ketebalan Pipa

Peraturan BKI mengenai system perpipaan terdapat pada BKI volume 3 section 11. Pada section ini dijelaskan peraturan mengenai valve, pitting dan pompa yang dibutuhkan untuk mengoperasikan system propulsi dan peralatan-peralatannya. Peraturan mengenai ketebalan minimum pipa sesuai dengan BKI volume 3 ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Minimum Ketebalan pada Pipa Baja

Group N				Group M		Group D	
da	s	da	s	da	s	da	s
(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
10,2	1,6	from 406,4	6,3	from 21,3	3,2	from 38,0	6,3
from 13,5	1,8	from 660,0	7,1	from 38,0	3,6	from 88,9	7,1
from 20,0	2,0	from 762,0	8,0	from 51,0	4,0	From 114,3	8,0
from 48,3	2,3	864,0	8,8	from 76,1	4,5	from 152,4	8,8
from 70,0	2,6	from 914,0	10,0	from 177,8	5,0	from 457,2	8,8
from 88,9	2,9			from 193,7	5,4		
from 114,3	3,2			from 219,1	5,9		
from 133,0	3,6			from 244,5	6,3		
from 152,4	4,0			from 660,5	7,1		
from 177,8	4,5			from 762,0	8,0		
from 244,5	5,0			863,6	8,8		
from 323,9	5,6			from 914,4	10,0		

Tabel 2.3 Minimum Pipa Stainless Steel

Pipe Outside Diameter	Minimum Wall Thickness
D _a (mm)	s (mm)
up to 17,2	1,0
up to 48,3	1,6
up to 88,9	2,0
up to 168,3	2,3
up to 219,1	2,6
up to 273,0	2,9
up to 406,0	3,6
over 406,0	4,0

Tabel 2.4 Minimum Pipa Tembaga dan Tembaga Paduan

Pipe outside diameter d_a [mm]	Minimum Wall Thickness S [mm]	
	Copper	Copper Alloys
8 – 10	1,0	0,8
12 – 20	1,2	1,0
25 – 44,5	1,5	1,2
50 – 76,1	2,0	1,5
88,9 – 108	2,5	2,0
133 – 159	3,0	2,5
193,7 – 267	3,5	3,0
273 – 457,2	4,0	3,5
(470)	4,0	3,5
508	4,5	4,0

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kehilangan berat. Penelitian dilakukan dengan membeli spesimen yang akan diteliti yaitu pipa karbon biasa dan pipa galvanis. Pipa karbon dan Pipa Galvanis kemudian dibagi ke dalam beberapa perlakuan spesimen. Perlakuan yang pertama adalah variasi salinitas dan variasi kecepatan. Kemudian pipa direndam dan diambil sampel pada waktu 120 jam, 240 jam dan 720 jam pada salinitas 3% dan 6 %. Pada perlakuan kecepatan, kecepatan yang diberikan adalah 0.3 m/hr dan 0.2 m/hr.

3.1.1 Studi Literatur

Studi Literatur merupakan kumpulan teori-teori pendukung yang berisi informasi ataupun petunjuk untuk melakukan percobaan. Pada penelitian ini teori mengenai korosi secara umum, jenis-jenis korosi, standarisasi laju korosi beserta rumus pendukung untuk penghitungan laju korosi ditetapkan sebagai studi literatur.

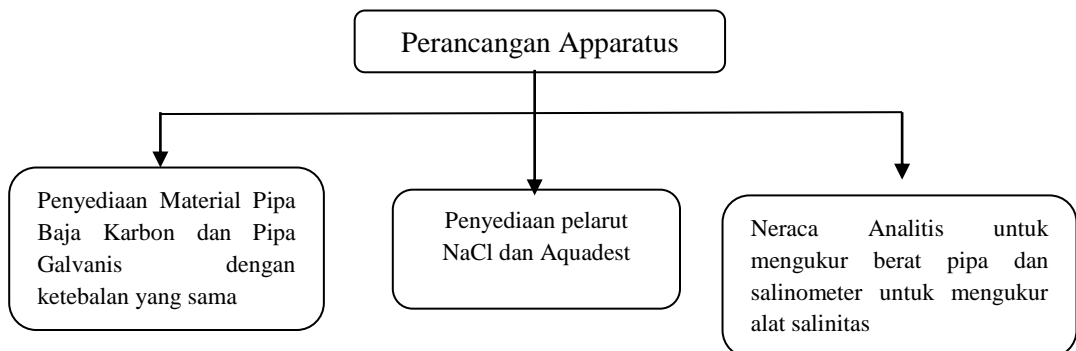
3.1.2 Studi Empiris

Studi Empiris merupakan kumpulan percobaan-percobaan yang telah dilakukan sebelumnya. Studi Empiris berisi metode-metode dan persiapan yang harus dilakukan pada saat percobaan yang telah dilakukan terlebih dahulu. Pada penelitian ini yang menjadi studi empiris adalah penelitian dari Lingga Bayu Permadi (2010) yang berjudul Analisa Laju Korosi pada Baja Karbon Ringan (*Mild Steel*) dengan perlakuan bending pada media pengkorosi larutan Asam dan Tugas akhir yang diteliti oleh Yudha Kurniawan Arfandi (2011) dengan judul Analisa Laju Korosi pada Baja Karbon dengan variasi *Coating*.

3.1.3 Apparatus

3.1.3.1 Perancangan Apparatus

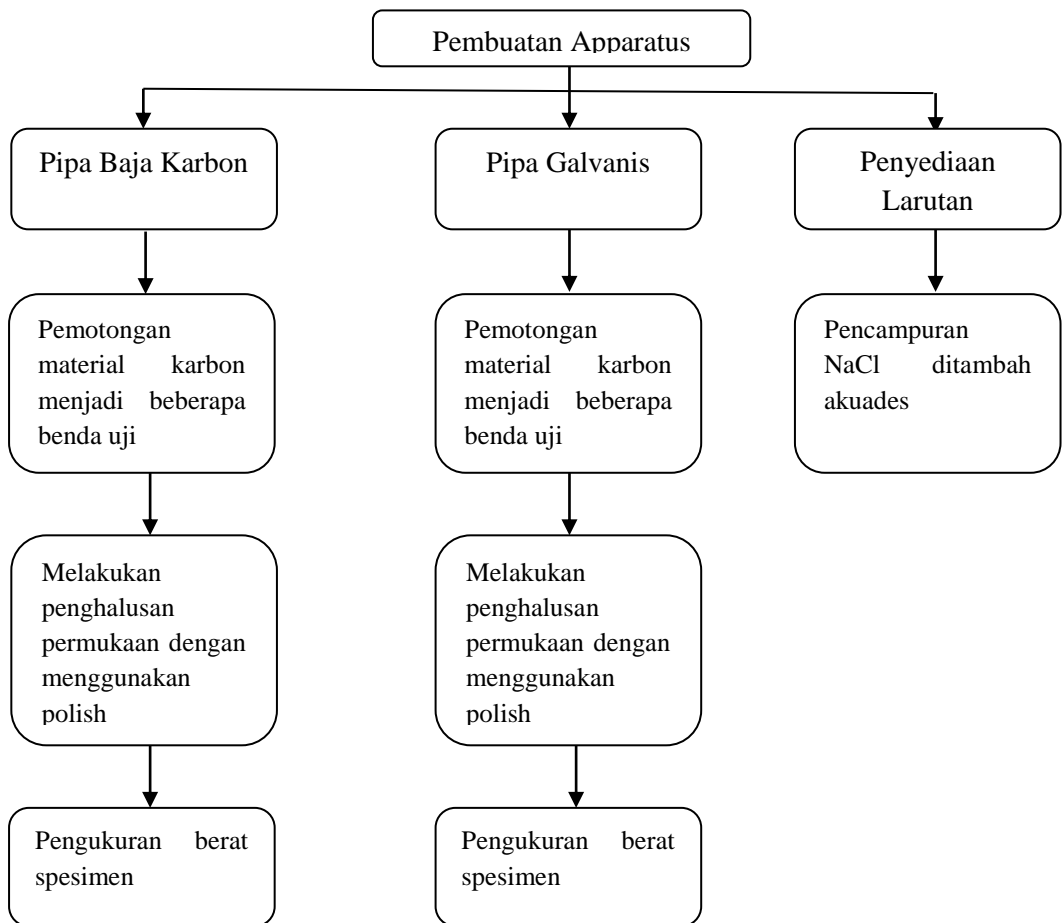
Perancangan apparatus merupakan pengumpulan alat-alat bantu yang dilakukan untuk melakukan percobaan. Adapun alat-alat bantu yang dibutuhkan pada penelitian saat ini adalah pipa karbon, pipa galvanis, coating untuk pipa, alat ukur ketebalan pipa, air laut dan wadah untuk melakukan percobaan.



Gambar 3. 1 Alir Perancangan Apparatus

3.1.3.2 Membuat Apparatus

Setelah melakukan perancangan apparatus dan mengetahui alat-alat yang diperlukan untuk melakukan percobaan maka dilakukan pembuatan apparatus. Pembuatan apparatus pada penelitian ini sesuai dengan ASTM G31-72. Pada G31-72 telah ditentukan standart untuk melakukan apparatus.



Gambar 3. 2 Pembuatan Apparatus

3.1.4 Eksperimen

Eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini adalah percobaan dengan metode kehilangan berat. Langkah pertama adalah menentukan *spesimen* yang terdiri dari pipa karbon, pipa galvanis. Kemudian sediakan wadah perendaman berupa aquarium dan diisi dengan air laut. Air laut yang dipilih adalah air laut dengan salinitas 3% dan 6% . Percobaan dilakukan dengan merendam spesimen kedalam air laut. Waktu untuk merendam spesimen divariasikan dengan waktu 120 jam, 240 jam, 720 jam. Perlakuan lainnya adalah dengan memvariasikan spesimen.

3.1.5 Pengumpulan Data Percobaan

Setelah percobaan dilakukan kemudian dilakukan pengumpulan data percobaan. Adapun data-data yang dikumpulkan adalah ketebalan, panjang, lebar dan berat awal dan berat akhir setiap spesimen yang direndam.

3.1.6 Analisa Data dan Pembahasan

Setelah ketebalan setiap spesimen diukur maka dilakukan perhitungan laju korosi dengan metode kehilangan berat. Pada analisa perhitungan laju korosi ini setiap spesimen yang telah dihitung ketebalannya dihitung laju korosinya dan dihitung perbandingannya.

Sementara pada pembahasan diperoleh hasil dari analisa data. Hasil percobaan berupa hasil perhitungan laju korosi setiap spesimen, yaitu pipa karbon, pipa galvanis, pipa karbon dengan coating, pipa galvanis dengan coating. Kemudian ketika laju korosi setiap spesimen sudah diperoleh maka langkah selanjutnya menghitung prediksi penggunaan pipa sesuai dengan rules. Pada penelitian ini rules yang diopakai adalah rules BKI.

3.1.7 Kesimpulan dan Saran

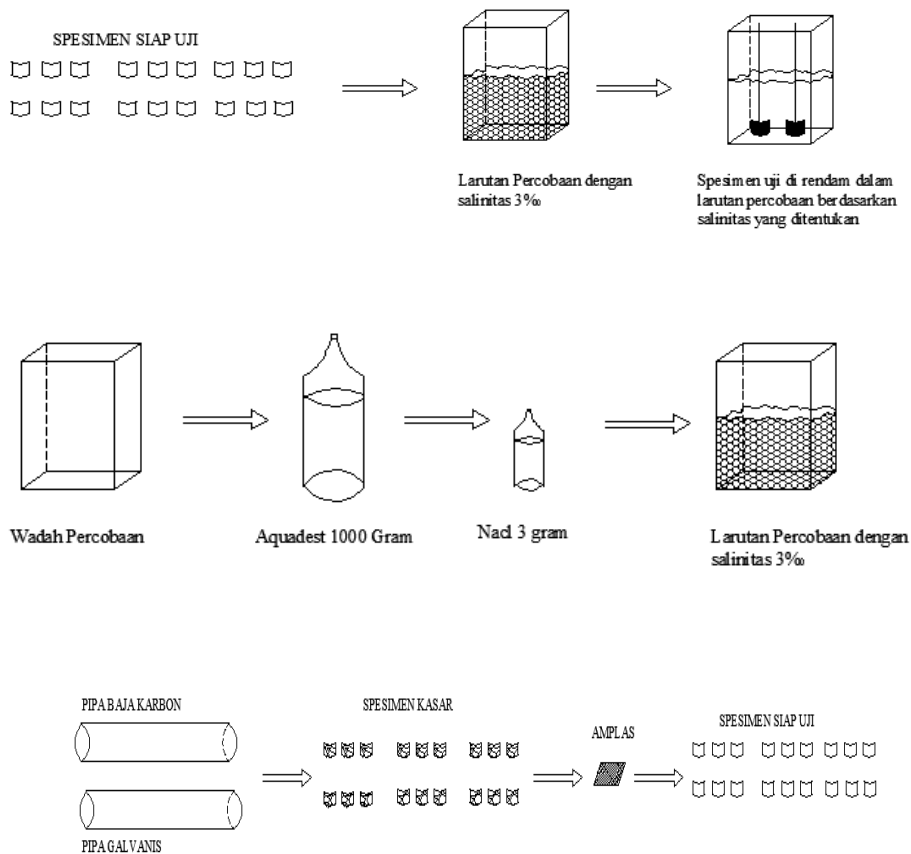
Kesimpulan pada penelitian ini diperoleh dari hasil percobaan yang dilakukan. Pada penelitian ini terdapat 4 objek yang diteliti, dari hasil percobaan diperoleh hasil dan dapat dilakukan perbandingan. Dari perbandingan tersebut dapat diperoleh kesimpulan.

Saran juga diperoleh dari hasil penilitan. Baik berupa parameter lain dan pengembangan untuk penilitan berikutnya.

3.2 Prosedur Percobaan

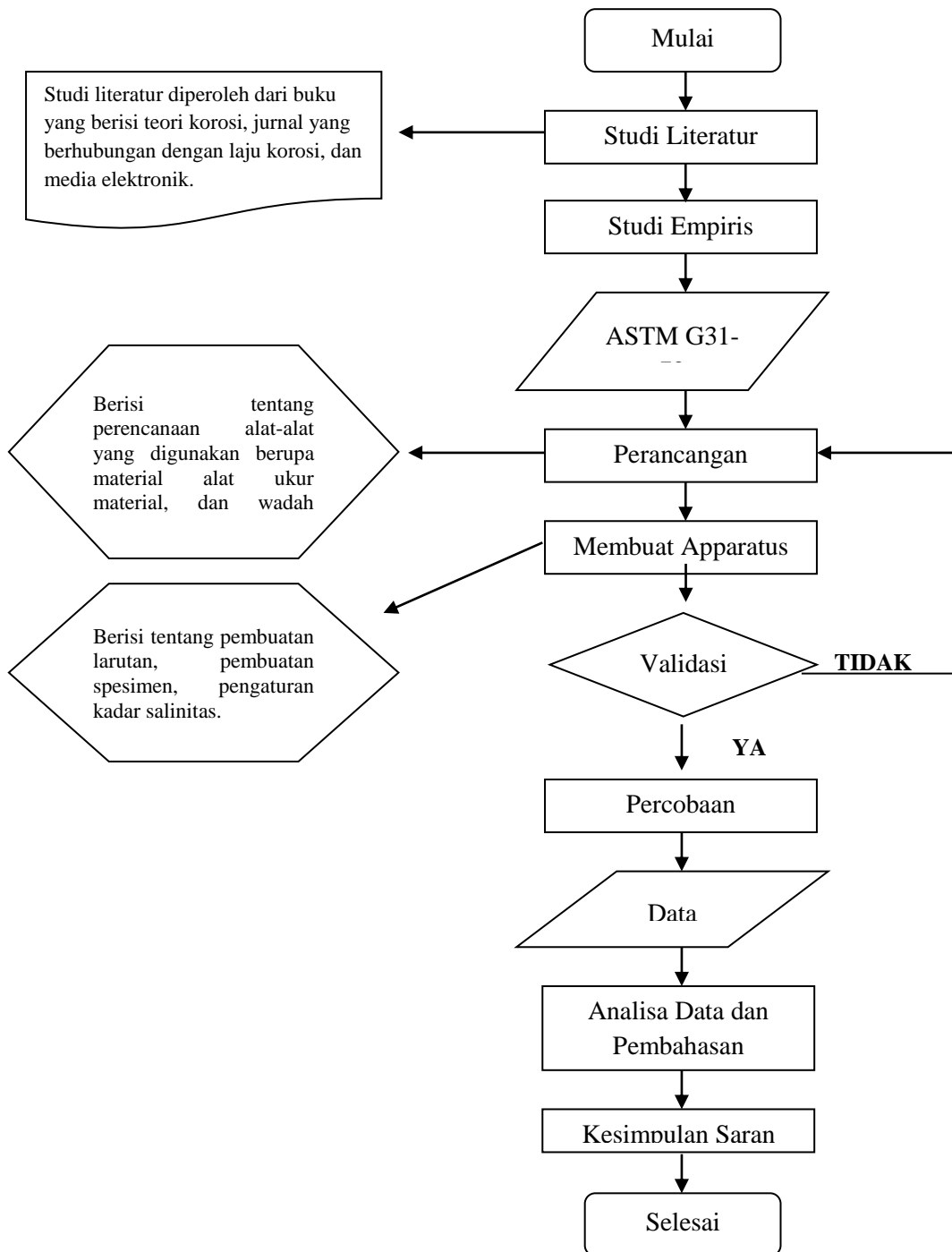
1. Penyediaan alat uji yaitu Pipa Karbon dan Pipa Galvanis Schedule 40 dengan ketebalan sama 4 mm
2. Pemotongan Pipa Karbon menjadi spesimen dengan ukuran 30mm x 40 mm x 4 mm sebanyak 27 buah untuk percobaan 120 jam, 240 jam dan 720 jam
3. Validasi ukuran dengan menggunakan jangka sorong
4. Spesimen dibersihkan dari kotoran dengan menggunakan polish
5. Pembuatan larutan uji dengan campuran aquadest ditambah Nacl dengan kadar salinitas larutan 0.3 % - 0.6 % . Setiap percobaan dibedakan larutan ujinya.
6. Benda uji yang sudah dibersihkan kemudian direndam didalam larutan sesuai dengan lama waktu percobaan dan kadar salinitas

7. Pembersihan benda uji dengan perendaman larutan dengan hydrocholic acid (HCL, 1000 ml) untuk Pipa Baja Karbon, Silver Nitrate (AgNO_3 50 gr) untuk pipa galvanis
 8. Melakukan pengukuran berat dengan Neraca Analitis
 9. Melakukan foto permukaan dengan foto mikro
- Berikut ini merupakan rangkaian prosedur percobaan .



Gambar 3. 3 Rangkaian Prosedur Percobaan

3.3 Diagram Alir Pengerjaan





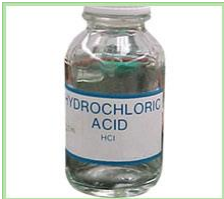





Gambar 3. 4 Alir Pengerjaan

3.4 Alat dan Bahan Percobaan

Tabel 3.5 Alat dan Bahan Percobaan

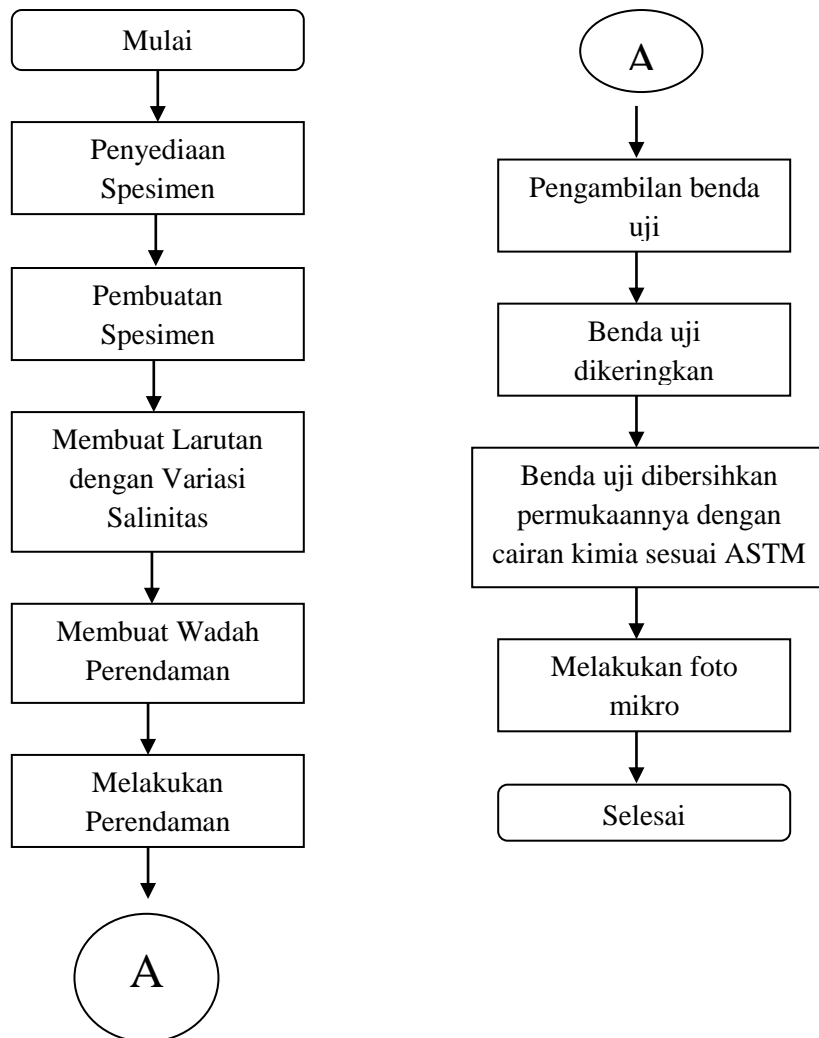
NO	Nama Alat	Gambar	Spesifikasi
1	Pipa Baja Karbon		20 mm X 20 mm X 4.54 mm (Sebanyak 27 buah)
2	Pipa Galvanis		20 mm x 20 mm x 4.54 mm (Sebanyak 27 buah)
3	Gerinda		Merk :Makita 955B Daya : 600 Watt Ukuran Spindle : M10 x 1.5 Ukuran Batu : 4 “/100 mm Ukuran Sikat Mangkok : 3”/ 75 mm
4	Jangka Sorong		Size Type : Metrik (mm) & inch Remarks : — Part No. : 530-114 Scale/Graduation : 0.05 mm Accuracy : 0.05 mm Range : 0-200 mm (0-8”) Weight : 1 Kg Features : With Depth Bar Country Made : Japan

5	Abrasive Paper		Merek:EAGLE Bahan:Silicon Carbide. Dudukan Dasar: Kertas. ukuran: 23 CM x 28 CM Kondisi Pemakaian: Kering dan Basah.
6	Aquadest		1000 gram dalam larutan 3 gram Nacl untuk salinitas 3 ‰ dan 6 gram untuk salinitas 6 ‰
7	Nacl		3 gram dalam larutan 1000 gram aquadest untuk salinitas 3 ‰ dan 6 gram untuk salinitas 6 ‰
8	Wadah larutan		Dimensi = 20 cm X 20 cm X 40 cm volume hingga 1,5 liter
9	HCl		(HCL, 1000ml)

10	AgNo ₃		1. (AgNo ₃ 50 gr) untuk Pipa Galvanis
11	Neraca Analitis		Dapat mengukur hingga satuan milligram bahkan satuan micron
13	SEM (Scanning Electron Microscopy)		- Berfungsi memperbesar permukaan hingga 500 kali
14	Pompa Aquarium		<ul style="list-style-type: none"> - Spesifikasi pompa: Voltase: AC 220-240V Daya: 50Hz, 25W Ketinggian max: 1,2m Kapasitas: 1.800 liter/jam - \

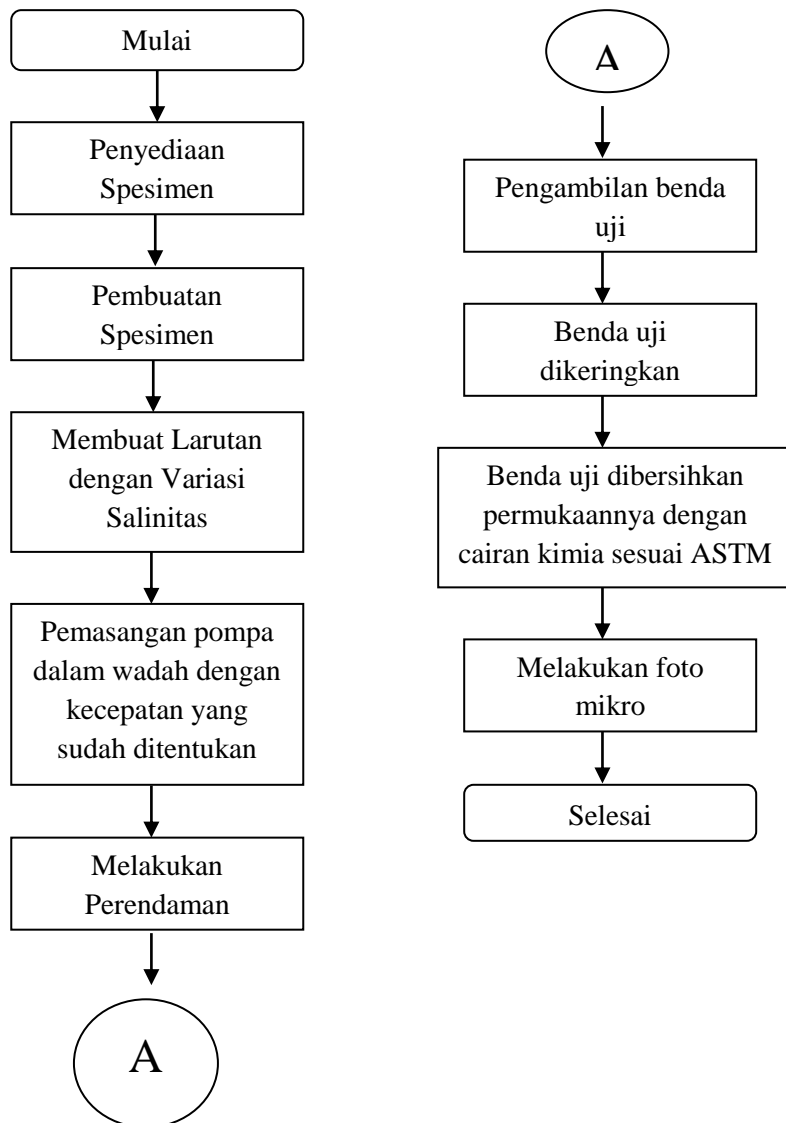
3.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

3.6 Diagram Alir Percobaan Tanpa Kecepatan Aliran



Gambar 3. 5 Alir Percobaan Tanpa Kecepatan Aliran

3.7 Diagram Alir Percobaan dengan Kecepatan Aliran



Gambar 3. 6 Alir Percobaan dengan Kecepatan Aliran

BAB IV

ANALISA DATA

4.1 Persiapan Apparatus

4.1.1 Pembuatan Spesimen

Apparatus yang diteliti pada penelitian ini adalah Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis. Pipa baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis yang berbentuk silinder dibentuk menjadi spesimen uji berbentuk coupon. Pipa yang berbentuk silinder dipotong menjadi 27 bagian sesuai dengan jumlah percobaan yang dilakukan. Setiap percobaan yang dilakukan diwakilkan oleh 3 spesimen sebagai sumber data pengujian. Pemilihan 3 spesimen dilakukan agar data yang diperoleh lebih bervariasi dan lebih teruji kevalidannya. Berikut ini merupakan proses pemotongan pipa berbentuk silinder menjadi spesimen berbentuk coupon.



Gambar 4. 1 Pemotongan Pipa Menjadi Spesimen Berbentuk Coupon

Kemudian Spesimen yang sudah dipotong diberi nomor agar tidak mengalami kesalahan pengukuran saat pengujian. Lalu spesimen dibersihkan dengan menggunakan abrasive paper agar terak-terak korosif dan kotoran yang berada dipermukaan spesimen bersih sesuai dengan prosedur yang diatur ASTM G31-1972.

4.1.2 Kalibrasi Salinometer

Kalibrasi Salinometer diperlukan untuk menentukan kebenaran alat ukur dengan hasil perhitungan yang sebenarnya. Adapun cara yang digunakan untuk mengkalibrasi Salinometer adalah dengan mencampurkan 8 gram NaCl dengan 100 gram Aquadest . Kemudian hasil pencampuran NaCl dengan Aquadest dihitung dengan Salinometer. Apabila pada salinometer tidak menunjukkan angka 8% maka Salinometer diatur hingga hasil pengukuran diperoleh sebesar 8% dengan menekan tombol set Salinometer disebelah kanan bawah alat tersebut. Ketika indicator sudah menunjukkan angka 8% maka salinometer sudah bisa digunakan untuk mengukur salinitas larutan



Gambar 4. 2 Kalibrasi Salinometer

4.1.3 Pembuatan Larutan Percobaan

Larutan percobaan merupakan media penghantar korosi pada spesimen. Larutan Percobaan terdiri dari campuran NaCl dengan aquadest dengan komposisi tertentu sesuai dengan salinitas yang dibutuhkan. Pada penelitian ini salinitas yang digunakan adalah salinitas 3% dan salinitas 6%. Salinitas larutan bernilai 3% disusun oleh komposisi 30 gram NaCl dicampur dengan 1000 gram Aquadest. Sementara salinitas 6% disusun oleh komposisi 60 gram NaCl dicampur dengan 1000 gram Aquadest. NaCl dan Aquadest dicampur dalam gelas kimia dan diaduk dengan menggunakan stirring hingga NaCl dan Aquadest tercampur sempurna. Kemudian larutan yang dihasilkan dihitung kandungan salinitasnya dengan menggunakan Salinometer.



Gambar 4. 3 Aquadest dan NaCl



Gambar 4. 4 Pengadukan NaCl dengan menggunakan Stirring

4.1.4 Pembuatan Wadah Percobaan

Wadah Percobaan yang diperlukan minimal dapat merendam seluruh permukaan spesimen yang digunakan. Berdasarkan ASTM G31-72 tempat perendaman Pipa Baja Karbon dengan perendaman Pipa Baja Galvanis harus dipisahkan. Hal tersebut terjadi karena proses terjadinya korosi pada spesimen berbeda. Pada penelitian ini dibuat wadah berbeda antara Pipa Baja Karbon dengan Pipa Galvanis. Wadah yang digunakan berupa Aquarium yang berukuran 30 cm X 20 cm X 10 cm dan wadah air mineral berukuran diameter 20 cm dan tinggi 30 cm.



Gambar 4. 5 Wadah Larutan

4.1.5 Neraca Analitik

Neraca Analitik (Neraca Laboratorium) adalah neraca yang mampu mengukur hingga sub-miligram. Neraca analitik yang digunakan adalah neraca analitik yang berada di Laboratorium elektrokimia teknik kimia. Sebelum digunakan alat ini harus terlebih dahulu di kalibrasi dengan membuat indikatorpetunjuk berat sampel bernilai nol. Hal tersebut dilakukan dengan menekan tombol bagian kiri neraca yang berfungsi untuk mengkalibrasi berat. Berat maksimal yang dapat ditimbang dari neraca ini adalah 250 gram. Untuk melakukan penimbangan berat sampel harus terlebih dahulu disediakan penampang alas berupa gelas kecil agar permukaan timbang neraca analitik tidak rusak akibat gesekan yang disebabkan oleh sampel.



Gambar 4. 6 Tombol Kalibrasi Pembuat Nilai 0

4.1.6 Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi spesimen agar data yang diperoleh lebih akurat. Jangka sorong yang digunakan adalah jangka sorong digital yang dimiliki laboratorium Teknologi Produksi dan Manajemen Perkapalan Departemen teknik Perkapalan. Jangka sorong digunakan untuk menghitung lebar dan panjang spesimen.



Gambar 4. 7 Jangka Sorong Digital

4.2 Percobaan

4.2.1 Pengukuran Berat Spesimen Sebelum Pengujian

Spesimen yang sudah dipersiapkan masing-masing diberi penomoran sebelum dilakukan penimbangan dengan menggunakan neraca analitik. Tujuan penomoran ini adalah tidak tertukarnya berat antara spesimen yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap perhitungan laju korosi. Kemudian spesimen yang sudah diberikan nomor ditimbang beratnya dan didata hasil hasilnya. Hasil dari pengukuran berat tersebut yang akan menjadi data awal untuk menghitung laju korosi.



Gambar 4. 8 Pengukuran Menggunakan Neraca Analitik

Data hasil pengukuran dilampirkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4.6 Berat Awal Pipa Baja Karbon

NO	Kode Spesimen	Berat Spesimen (Gram)	NO	Kode Spesimen	Berat Spesimen (Gram)
1	A1	36.4222	15	E3	35.2375
2	A2	38.7081	16	F1	36.7324
3	A3	36.7083	17	F2	38.6673
4	B1	36.5935	18	F3	36.0111
5	B2	35.3096	19	G1	37.4399
6	B3	38.4977	20	G2	38.4218
7	C1	36.0735	21	G3	35.5929
8	C2	39.7468	22	H1	35.7634
9	C3	36.8676	23	H2	35.2363
10	D1	36.5442	24	H3	37.3360
11	D2	36.8041	25	I1	36.2236
12	D3	36.5226	26	I2	35.6016
13	E1	36.5927	27	I3	35.5986
14	E2	35.3780			

Tabel 4.7 Berat Awal Pipa Galvanis

NO	Kode Spesimen	Berat Spesimen (Gram)
1	A1	35.2106
2	A2	35.8937
3	A3	37.1898
4	B1	32.8030
5	B2	34.2046
6	B3	37.4136
7	C1	36.3014
8	C2	37.4136
9	C3	35.2640
10	D1	37.5788
11	D2	37.7823
12	D3	35.1595
13	E1	36.7251
14	E2	33.7284
15	E3	37.7812
16	F1	34.9169
17	F2	35.6080
18	F3	37.3137
19	G1	35.2154
20	G2	37.6904
21	G3	36.4534
22	H1	32.9636
23	H2	34.1511
24	H3	38.0574
25	I1	34.4153
26	I2	39.0561
27	I3	36.2672

4.2.2 Perendaman Spesimen

Perendaman spesimen dilakukan berdasarkan ASTM G31-72. Spesimen berbentuk coupon diberikan pengait berbahan nilon dan direndam dalam wadah yang berisi larutan. Pemilihan nilon sebagai pengait karena nilon tidak ikut bereaksi dengan spesimen dan larutan sehingga tidak menimbulkan reaksi korosi tersendiri bagi pengait tersebut. Menurut ASTM G31-72 seluruh permukaan spesimen harus terendam

kedalam larutan. Material baja karbon dan galvanis harus dipisahkan agar tidak terjadi korosi galvanis.



Gambar 4. 9 Perendaman Pipa Baja Galvanis



Gambar 4. 10 Perendaman Pipa Baja Karbon

4.2.3 Pembersihan Spesimen

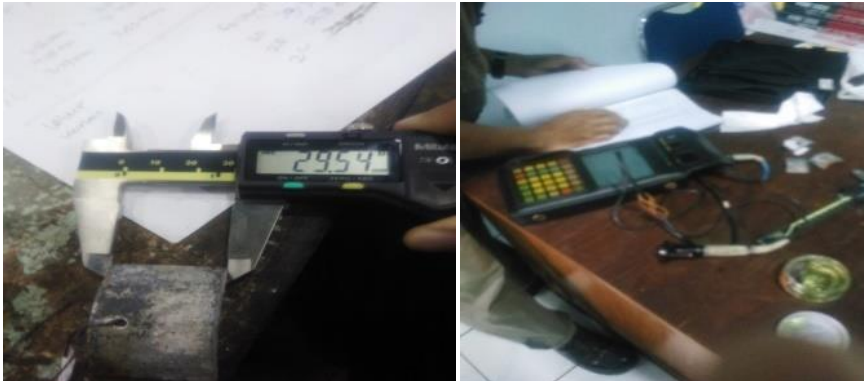
Spesimen yang sudah direndam berdasarkan waktu yang ditentukan kemudian dibersihkan permukaannya dari kotoran-kotoran agar dapat diukur ketebalan, panjang dan lebar masing-masing spesimen tersebut. Untuk Pipa Baja Karbon larutan yang digunakan untuk membersihkan Spesimen adalah HCL (asam klorida) dengan merendam spesimen selama 20 menit. Untuk pipa galvanis digunakan AgNO_3 (Silver Nitrate) dengan cara *boiling* selama 15-20 detik. Pembersihan tersebut diatur oleh ASTM G1-90.



Gambar 4. 11 Pembersihan Spesimen

4.2.4 Pengukuran Dimensi Spesimen

Dimensi yang dibutuhkan untuk pengukuran laju korosi adalah panjang, lebar, dan tebal spesimen. Panjang dan lebar spesimen diukur dengan menggunakan jangka sorong dan ketebalan spesimen menggunakan spesimen awal.



Gambar 4. 12 Pengukuran Dimensi Spesimen

4.3 Perhitungan Laju Korosi

Perhitungan laju korosi pada penelitian ini menggunakan metode kehilangan berat. Formula untuk menghitung laju korosi dengan metode kehilangan berat adalah sebagai berikut :

$$CR (mpy) = \frac{W \times K}{D \times A \times T}$$

Contoh perhitungan Spesimen 1D Pipa Baja Karbon :

$$\begin{aligned} W1 &= 36,5442 \text{ gram} \\ W2 &= 35,4253 \text{ gram} \\ K &= 8,46 \times 10^4 \\ D &= 7,86 \text{ gr/cm}^3 \\ A &= (2 \times ((p \times l) + (p \times t) + (l \times t))) \\ T &= 120 \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CR &= (W1 - W2) \times K / D \times (2 \times ((p \times l) + (p \times t) + (l \times t))) \times 120 \text{ jam} \\ CR &= ((36,5442 - 35,4253) \times 8,46 \times 10^4) / (7,86 \times (2 \times ((p \times l) + (p \times t) + (l \times t)))) \times 120 \\ &= 0.35613 \text{ mmpy} \end{aligned}$$

Jadi laju korosi pada spesimen 1D pipa baja karbon perendaman 120 jam dengan salinitas 3% adalah 0.35613mmpy .

4.4 Hasil Perhitungan Laju Korosi

4.4.1 Perhitungan Laju Korosi perendaman 120 jam Salinitas 3 %

Tabel 4.8 Laju Korosi Pipa Baja Karbon

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
1 D	0.4	3.019	4.021	36.5442	36.4253	0.3561285
2 D	0.4	3.011	4.053	36.8041	36.6877	0.3469289
3 D	0.4	3.042	4.012	36.5226	36.4106	0.3338832

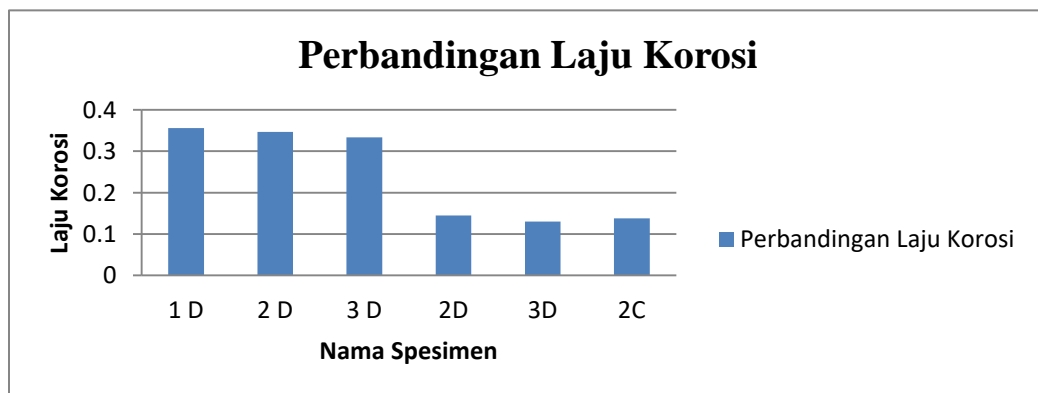
Tabel 4.9 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
2D	0.4	2.99	4.051	37.7823	37.7432	0.1450788
3D	0.4	2.878	3.956	35.1595	35.1264	0.1303783
2C	0.4	2.986	4.062	37.4136	37.3763	0.1382437

Tabel 4.10 Rata-rata Laju Korosi Perendaman 120 Jam

Rata-rata Laju Korosi	Salinitas
0.34564689	Karbon
0.13790026	Galvanis

4.4.2 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam Salinitas 3%



Gambar 4. 13 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam pada Salinitas 3%

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan laju korosi antara spesimen pipa baja karbon dan pipa galvanis. Pipa baja karbon dan pipa galvanis direndam dalam larutan yang sama yaitu larutan yang memiliki salinitas 3% dan direndam selama 120

jam. Nilai laju korosi yang diperoleh untuk pipa baja karbon adalah 1D bernilai 0.3561285, 2D bernilai 0.3469289, 3D bernilai 0.3338832. Sementara untuk pipa baja galvanis diperoleh nilai laju korosi masing-masing spesimen adalah 2D bernilai 0.1450788, 3D bernilai 0.1303783, 2C bernilai 0.1382437. Untuk nilai rata-rata laju korosi pipa baja karbon diperoleh nilai 0.3456468 dan nilai rata-rata pipa baja galvanis diperoleh nilai 0.13790026.

4.4.3 Perhitungan Laju Korosi perendaman 120 Jam pada Salinitas 6 %

Tabel 4.11 Laju Korosi Pipa Baja Karbon

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
A1	0.4	3.021	4.013	36.4222	36.0839	1.014531
A2	0.4	3.027	4.125	38.7081	38.3861	0.939832
A3	0.4	3.021	4.021	36.7083	36.2445	1.38835

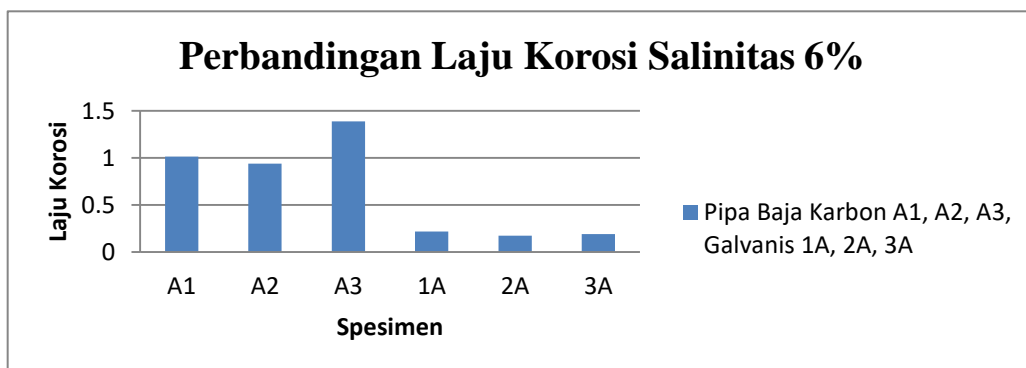
Tabel 4.12 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
1A	0.4	2.954	3.952	35.2106	35.1538	0.218175
2A	0.4	2.941	3.961	35.8937	35.8489	0.172486
3A	0.4	2.959	4.12	37.1898	37.1389	0.187927

Tabel 4.13 Tabel Rata-rata Laju Korosi Perendaman 120 Jam

Rata-rata Laju Korosi	Jenis Pipa
1.11423769	Karbon
0.19286268	Galvanis

4.4.4 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam Salinitas 6%



Gambar 4. 14 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam pada Salinitas 6%

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan laju korosi antara spesimen pipa baja karbon dan pipa galvanis. Pipa baja karbon dan pipa galvanis direndam dalam larutan yang sama yaitu larutan yang memiliki salinitas 6% dan direndam selama 120 jam. Nilai laju korosi yang diperoleh untuk pipa baja karbon adalah A1 bernilai 1.014531, A2 bernilai 0.939832, A3 bernilai 1.38835. Sementara untuk pipa baja galvanis diperoleh nilai laju korosi masing-masing spesimen adalah 1A bernilai 0.218175, 2A bernilai 0.172486, 3A bernilai 0.187927. Untuk nilai rata-rata laju korosi pipa baja karbon diperoleh nilai 1.11423769 dan nilai rata-rata pipa baja galvanis diperoleh nilai 0.19286268. Terjadi kenaikan terhadap laju korosi antara pipa baja karbon dan pipa baja galvanis yang diakibatkan oleh kenaikan salinitas pada perendaman waktu yang sama. Namun laju korosi pipa baja galvanis tetap lebih kecil dari pipa baja karbon.

4.4.5 Perhitungan Laju Korosi perendaman 120 Jam pada Salinitas 9 %

Tabel 4.14 Laju Korosi Pipa Baja Karbon

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
H1	0.4	3.011	4.012	35.7634	35.5946	0.507832101
H2	0.4	3.042	4.013	35.2363	35.0959	0.418450573
H3	0.4	3.021	4.125	37.336	37.1881	0.432445738

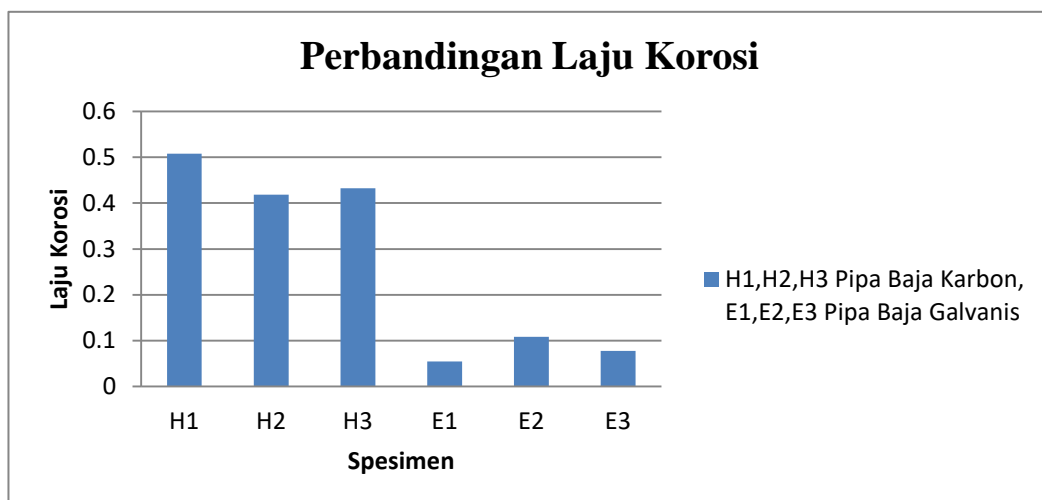
Tabel 4.15 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
E1	0.4	2.965	3.997	36.7251	36.7107	0.05454278
E2	0.4	2.935	3.845	33.7284	33.7011	0.108201376
E3	0.4	2.98	4.022	37.7812	37.7606	0.077194819

Tabel 4.16 Tabel Rata-rata Laju Korosi Perendaman 120 Jam

Rata-rata Laju Korosi	Jenis Pipa
0.45290947	Karbon
0.07997966	Galvanis

4.4.6 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam pada Salinitas 9%



Gambar 4. 15 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam pada Salinitas 9%

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan laju korosi antara spesimen pipa baja karbon dan pipa galvanis. Pipa baja karbon dan pipa galvanis direndam dalam larutan yang sama yaitu larutan yang memiliki salinitas 9% dan direndam selama 120 jam. Nilai laju korosi yang diperoleh untuk pipa baja karbon adalah H1 bernilai 0.507832101, H2 bernilai 0.418450573, H3 bernilai 0.432445738. Sementara untuk pipa baja galvanis diperoleh nilai laju korosi masing-masing spesimen adalah E1 bernilai 0.05454278, E2 bernilai 0.108201376, E3 bernilai 0.077194819. Untuk nilai rata-rata laju korosi pipa baja karbon diperoleh nilai 0.45290947 dan nilai rata-rata pipa baja galvanis diperoleh nilai 0.07997966. Terjadi penurunan terhadap laju korosi antara pipa baja karbon dan pipa baja galvanis yang diakibatkan oleh kenaikan salinitas pada perendaman waktu yang sama. Namun laju korosi pipa baja galvanis tetap lebih kecil dari pipa baja karbon.

4.4.7 Perhitungan Laju Korosi Perendaman 240 Jam pada Salinitas 3 %

Tabel 4.17 Laju Korosi Pipa Baja Karbon

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
E1	0.4	2.981	3.963	36.5927	36.3584	0.4034763
E2	0.4	2.922	3.897	35.3780	35.1426	0.4199077
E3	0.4	2.909	3.892	35.2375	34.9978	0.4299892

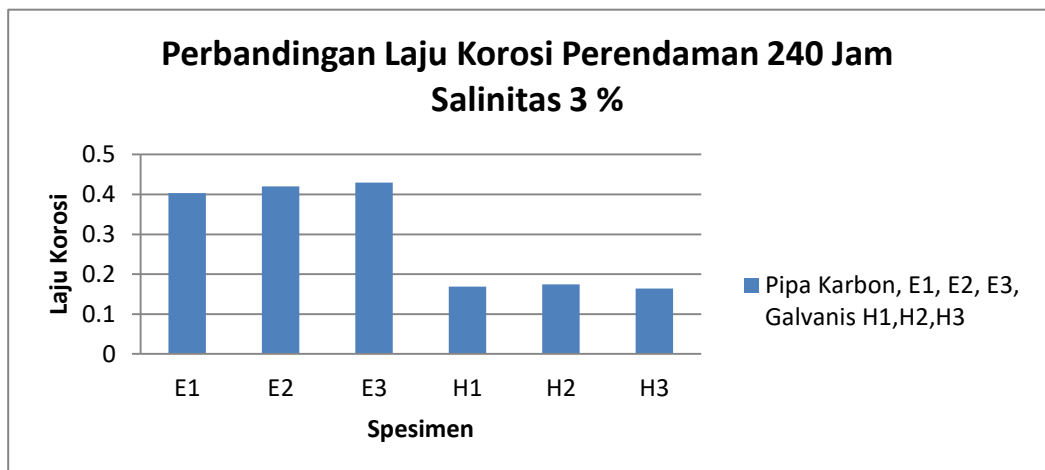
Tabel 4. 18 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
H1	0.4	2.971	3.986	32.9636	32.8747	0.1684443
H2	0.4	2.948	3.942	34.1511	34.0608	0.1741792
H3	0.4	2.992	4.012	38.0574	37.9699	0.1636579

Tabel 4.19 Tabel Rata-rata Laju Korosi Perendaman 120 Jam

Rata-rata Laju Korosi	Jenis Pipa
0.41779105	Karbon
0.16876048	Galvanis

4.4.8 Grafik Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 240 Jam Salinitas 3%



Gambar 4. 16 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 240 Jam pada Salinitas 3%

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan laju korosi antara spesimen pipa baja karbon dan pipa galvanis. Pipa baja karbon dan pipa galvanis direndam dalam larutan yang sama yaitu larutan yang memiliki salinitas 3% dan direndam selama 240 jam. Nilai laju korosi yang diperoleh untuk pipa baja karbon adalah E1 bernilai 0.4034763, E2 bernilai 0.4199077, E3 bernilai 0.4299892. Sementara untuk pipa baja galvanis diperoleh nilai laju korosi masing-masing spesimen adalah H1 bernilai 0.1684443, H2 bernilai 0.1741792, H3 bernilai 0.1636579. Untuk nilai rata-rata laju korosi pipa baja karbon diperoleh nilai 0.41779105 dan nilai rata-rata pipa baja galvanis

diperoleh nilai 0.16876048. Bila dibandingkan dengan laju korosi terhadap laju korosi antara pipa baja karbon dan pipa baja galvanis yang diakibatkan oleh kenaikan salinitas pada perendaman waktu 120 jam maka terjadi kenaikan laju korosi namun tidak terlalu signifikan dan mendekati laju korosi perendaman 240 jam. Namun, laju korosi pipa baja galvanis tetap lebih kecil dari pipa baja karbon.

4.4.4.9 Perhitungan Laju Korosi perendaman 240 jam pada Salinitas 6 %

Tabel 4.20 Laju Korosi Pipa Baja Karbon

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
F1	0.4	2.989	3.954	34.9169	34.8221	1.652667606
F2	0.4	2.982	4.153	35.608	35.5146	1.753891018
F3	0.4	2.947	3.972	37.3137	37.2128	1.499137211

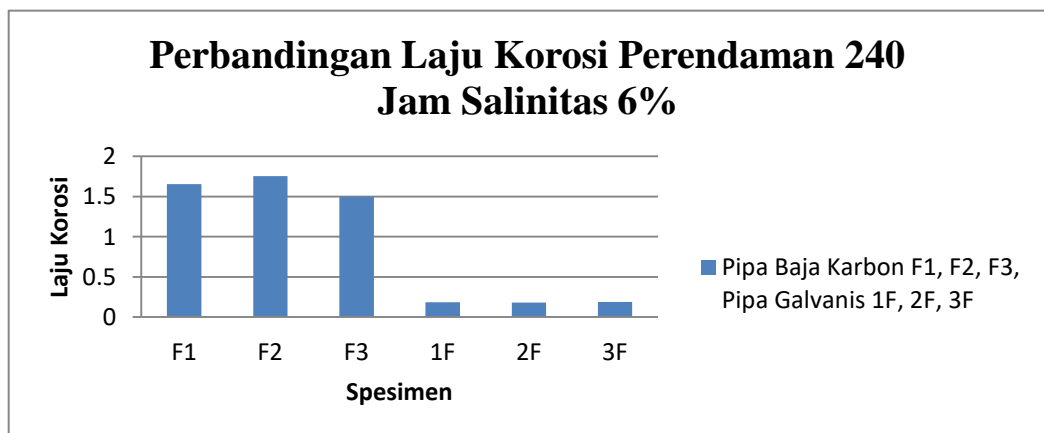
Tabel 4.21 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
1F	0.4	2.923	3.922	34.9169	34.8221	0.185276655
2F	0.4	2.952	3.941	35.608	35.5146	0.179956144
3F	0.4	2.985	3.987	37.3137	37.2128	0.190241446

Tabel 4.22 Rata-rata Laju Korosi Perendaman 240 Jam

Rata-rata Laju Korosi	Jenis Pipa
1.63523195	Karbon
0.18515808	Galvanis

4.4.10 Grafik Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 240 Jam Salinitas 6%



Gambar 4. 17 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 240 Jam pada Salinitas 6%

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan laju korosi antara spesimen pipa baja karbon dan pipa galvanis. Pipa baja karbon dan pipa galvanis direndam dalam larutan yang sama yaitu larutan yang memiliki salinitas 6% dan direndam selama 240 jam. Nilai laju korosi yang diperoleh untuk pipa baja karbon adalah F1 bernilai 1.652667606 , F2 bernilai 1.753891018, F3 bernilai 1.499137211. Sementara untuk pipa baja galvanis diperoleh nilai laju korosi masing-masing spesimen adalah 1F bernilai 0.185276655, 2F bernilai 0.179956144, 3F bernilai 0.190241446. Untuk nilai rata-rata laju korosi pipa baja karbon diperoleh nilai 1.63523195 dan nilai rata-rata pipa baja galvanis diperoleh nilai 0.18515808. Bila dibandingkan dengan laju korosi terhadap laju korosi antara pipa baja karbon dan pipa baja galvanis yang diakibatkan oleh kenaikan salinitas pada perendaman waktu 120 jam maka terjadi kenaikan laju korosi namun tidak terlalu signifikan dan mendekati laju korosi perendaman 240 jam. Namun Laju korosi pipa baja galvanis tetap lebih kecil dari pipa baja karbon.

4.4.11 Perhitungan Laju Korosi perendaman 720 Jam pada Salinitas 3 %

Tabel 4.23 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
B1	0.4	2.943	3.875	32.8032	32.5093	0.1922551
B2	0.4	2.951	3.902	34.2046	33.9381	0.1727676
B3	0.4	2.974	3.981	37.4136	37.1716	0.1528642

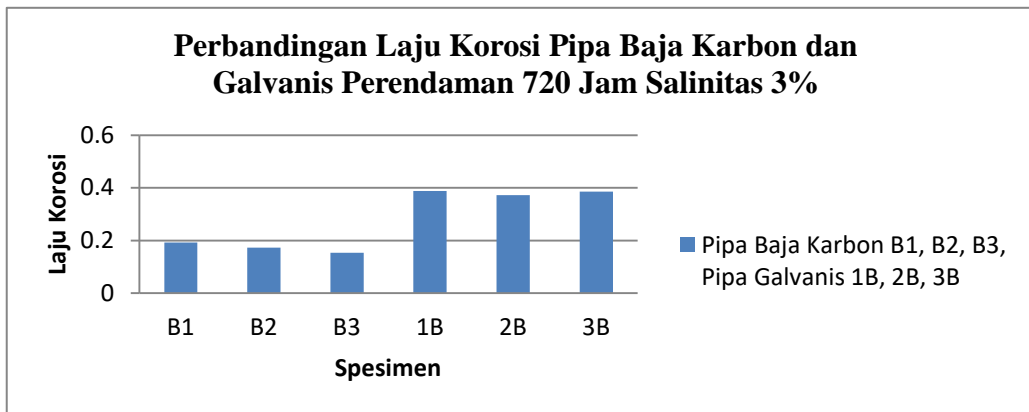
Tabel 4.24 Laju Korosi Pipa Baja Karbon

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
1B	0.4	2.986	3.968	36.5935	35.9149	0.3884303
2B	0.4	2.974	3.942	35.3096	34.6659	0.3721555
3B	0.4	2.992	3.997	38.4977	37.8181	0.3856621

Tabel 4.25 Tabel Rata-rata Laju Korosi Perendaman 720 Jam

Rata-rata Laju Korosi	Jenis Pipa
0.382082626	Karbon
0.172628974	Galvanis

4.4.12 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis perendaman 720 jam salinitas 3%



Gambar 4. 18 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 720 Jam pada Salinitas 3%

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan laju korosi antara spesimen pipa baja karbon dan pipa galvanis. Pipa baja karbon dan pipa galvanis direndam dalam larutan yang sama yaitu larutan yang memiliki salinitas 3% dan direndam selama 720 jam. Nilai laju korosi yang diperoleh untuk pipa baja Galvanis adalah B1 bernilai, 0.1922551, B2 bernilai 0.1727676, B3 bernilai 0.1528642. Sementara untuk pipa bajakarbon diperoleh nilai laju korosi masing-masing spesimen adalah 1B bernilai 0.3884303, 2B bernilai 0.3721555, 3B bernilai 0.3856621. Untuk nilai rata-rata laju korosi pipa baja karbon diperoleh nilai 0.382082626 dan nilai rata-rata pipa baja galvanis diperoleh nilai 0.172628974. Bila dibandingkan dengan laju korosi terhadap laju korosi antara pipa baja karbon dan pipa baja galvanis yang diakibatkan oleh kenaikan salinitas pada perendaman waktu 120 jam dan 240 maka terjadi kenaikan laju korosi namun tidak terlalu signifikan dan mendekati laju korosi perendaman 720 jam. Namun laju korosi pipa baja galvanis tetap lebih kecil dari pipa baja karbon.

4.4.13 Perhitungan Laju Korosi Perendaman 720 Jam pada Salinitas 6 %

Tabel 4.26 Laju Korosi Pipa Baja Karbon

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
1C	0.4	2.97	3.954	36.0735	34.0993	1.13977190
2C	0.4	2.984	4.025	39.7468	37.2628	1.40446580
3C	0.4	2.969	3.971	36.8676	34.3895	1.42560593

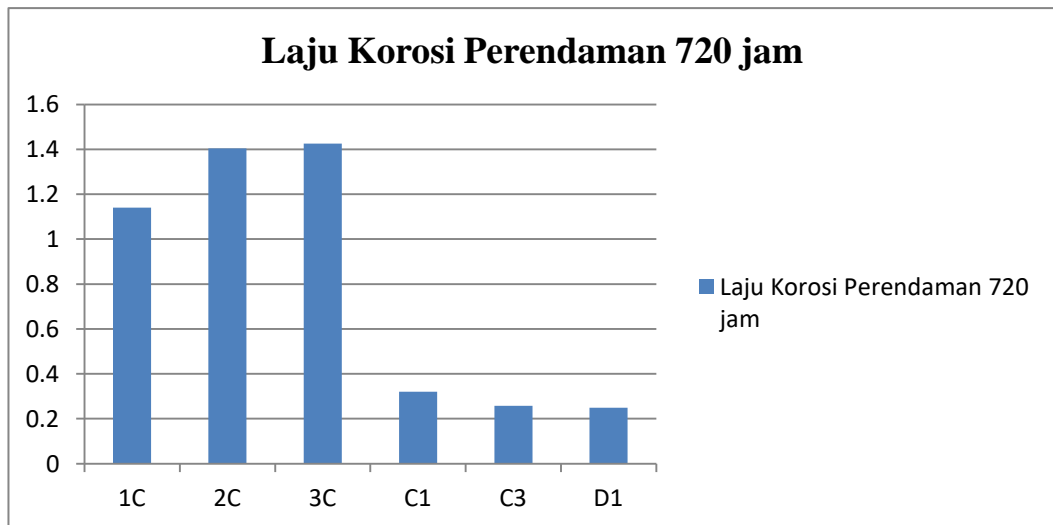
Tabel 4.27 Laju Korosi Pada Pipa Baja Galvanis

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
C1	0.4	2.981	3.954	36.3014	35.7962	0.320344763
C3	0.4	2.994	3.927	35.264	34.8587	0.257479466
D1	0.4	2.972	3.937	37.5788	37.1894	0.248635082

Tabel 4.28 Rata-rata Laju Korosi Perendaman 720 Jam

Rata-rata Laju Korosi	Jenis Pipa
1.323281211	Karbon
0.275486437	Galvanis

4.4.14 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 720 Jam pada Salinitas 6%



Gambar 4. 19 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 720 Jam pada Salinitas 6%

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan laju korosi antara spesimen pipa baja karbon dan pipa galvanis. Pipa baja karbon dan pipa galvanis direndam dalam larutan yang sama yaitu larutan yang memiliki salinitas 6% dan direndam selama 720 jam. Nilai laju korosi yang diperoleh untuk pipa baja karbon adalah 1C bernilai 1.1397719, 2C bernilai 1.4044658, 3C bernilai 1.42560593. Sementara untuk pipa baja galvanis diperoleh nilai laju korosi masing-masing spesimen adalah C1 bernilai 0.320344763, C3 bernilai 0.257479466, D1 bernilai 0.248635082. Untuk nilai rata-rata laju korosi pipa baja karbon diperoleh nilai 1.323281211 dan nilai rata-rata pipa baja galvanis diperoleh nilai 0.248635082. Bila dibandingkan dengan laju korosi terhadap laju korosi antara pipa baja karbon dan pipa baja galvanis yang diakibatkan oleh

kenaikan salinitas pada perendaman waktu 120 jam da 240 maka terjadi kenaikan laju korosi namun tidak terlalu signifikan dan mendekati laju korosi perendaman 720 jam. Namun Laju korosi pipa baja galvanis tetap lebih kecil dari pipa baja karbon

4.4.15 Perhitungan Laju Korosi perendaman 120 jam pada Salinitas 3% dengan Kecepatan 3.95 m /s .

Tabel 4.29 Laju Korosi Pipa Baja Karbon

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
G1	0.4	3.025	4.015	37.4399	37.1387	0.901792
G2	0.4	3.012	4.022	38.4218	38.1303	0.8747094
G3	0.4	2.948	3.992	35.5929	35.3154	0.8546526

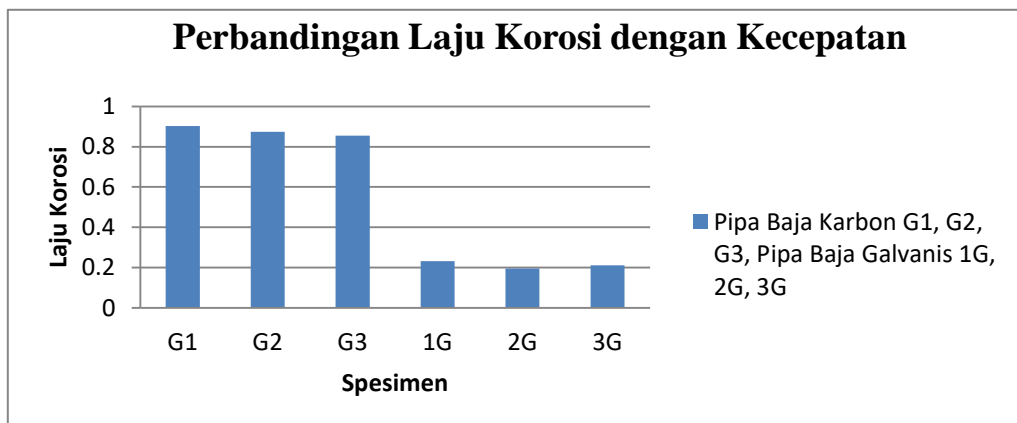
Tabel 4.30 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
G1	0.4	2.955	3.986	35.2154	35.1470	0.2320593
G2	0.4	3.012	4.015	37.6904	37.6315	0.1951502
G3	0.4	3.009	4.024	36.4534	36.3897	0.2108071

Tabel 4.31 Tabel Rata-rata Laju Korosi

Laju Korosi Rata- Rata	Jenis Pipa
0.877051348	Karbon
0.212672204	Galvanis

4.4.16 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam Salinitas 3% dengan Kecepatan 3.95 M/S



Gambar 4. 20 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam Salinitas 3% pada Kecepatan

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan laju korosi antara spesimen pipa baja karbon dan pipa galvanis. Pipa baja karbon dan pipa galvanis direndam dalam larutan yang sama yaitu larutan yang memiliki salinitas 3% dan direndam selama 120 jam dengan kecepatan 0.3 m/hour . Nilai laju korosi yang diperoleh untuk pipa baja karbon adalah G1 bernilai 0.901792, G2 bernilai 0.8747094, G3 bernilai 0.8546526. Sementara untuk pipa baja karbon diperoleh nilai laju korosi masing-masing spesimen adalah 1G bernilai 0.2320593, 2G bernilai 0.1951502, 3G bernilai 0.2108071. Untuk nilai rata-rata laju korosi pipa baja karbon diperoleh nilai 0.877051348 dan nilai rata-rata pipa baja galvanis diperoleh nilai 0.8546526. Bila dibandingkan dengan laju korosi terhadap laju korosi antara pipa baja karbon dan pipa baja galvanis yang diakibatkan oleh kenaikan salinitas pada perendaman waktu 120 jam, 240 jam dan 720 jam tanpa kecepatan maka terjadi kenaikan laju korosi. Namun laju korosi pipa baja galvanis tetap lebih kecil dari pipa baja karbon.

4.4.17 Perhitungan Laju Korosi perendaman 120 Jam pada Salinitas 3% dengan Kecepatan 3.29 m/s

Tabel 4.32 Laju Korosi Pipa Baja Karbon

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
I1	0.4	3.014	3.982	36.2236	36.0238	0.6047172
I2	0.4	2.957	3.952	35.6016	35.4327	0.5235942
I3	0.4	2.985	3.977	35.5986	35.4018	0.6014898

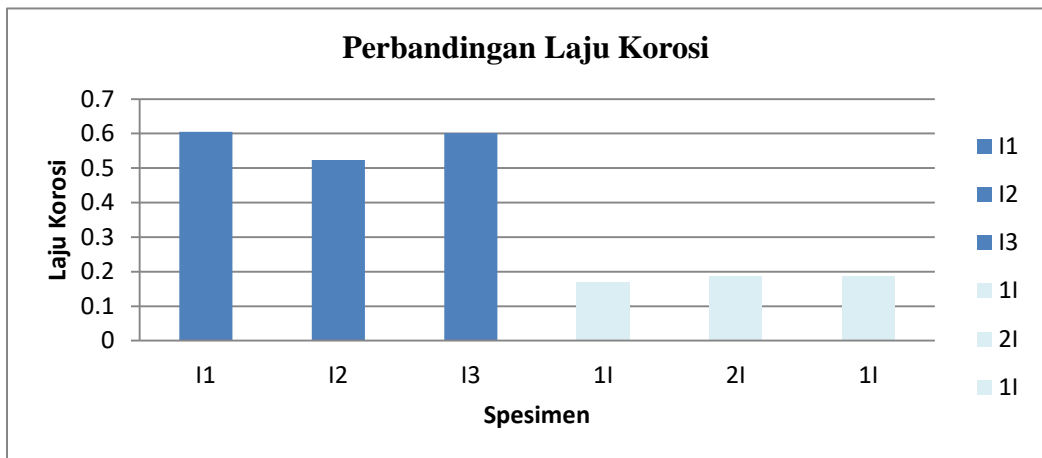
Tabel 4.33 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis

Kode Spesimen	Tebal	Lebar	Panjang	Berat Awal (Gram)	Berat Akhir (Gram)	Laju Korosi
1I	0.4	2.952	3.974	34.4153	34.3655	0.1695774
2I	0.4	3.031	4.024	39.0561	38.9986	0.1890559
3I	0.4	3.005	3.912	36.2672	36.212	0.1876972

Tabel 4.34 Rata-rata Laju Korosi

Rata-Rata Laju Korosi	Jenis Pipa
0.576600408	Carbon
0.182110153	Galvanis

4.4.18 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam pada Salinitas 3% dengan Kecepatan 3.29 M/S



Gambar 4. 21 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Perendaman 120 Jam Salinitas 3% dengan Kecepatan

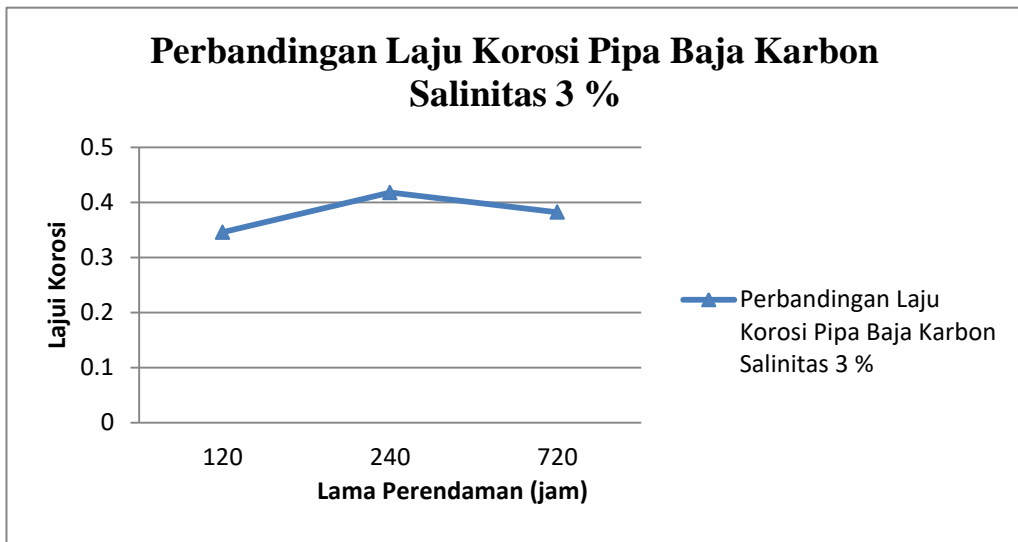
Grafik diatas merupakan grafik perbandingan laju korosi antara spesimen pipa baja karbon dan pipa galvanis. Pipa baja karbon dan pipa galvanis direndam dalam larutan yang sama yaitu larutan yang memiliki salinitas 3% dan direndam selama 120 jam dengan kecepatan 0.2 m/hour . Nilai laju korosi yang diperoleh untuk pipa baja karbon adalah I1 bernilai 0.6047172, I2 bernilai 0.5235942, I3 bernilai 0.6014898. Sementara untuk pipa baja Galvanis diperoleh nilai laju korosi masing-masing spesimen adalah 1I bernilai 0.1695774, 2I bernilai 0.1890559, 3I bernilai 0.1876972. Untuk nilai rata-rata laju korosi pipa baja karbon diperoleh nilai 0.576600408 dan nilai rata-rata pipa baja galvanis diperoleh nilai 0.182110153. Bila dibandingkan dengan laju korosi terhadap laju korosi antara pipa baja karbon dan pipa baja galvanis yang diakibatkan oleh kenaikan salinitas pada perendaman waktu 120 jam, 240 jam dan 720 jam tanpa kecepatan maka terjadi kenaikan laju korosi. Namun Laju korosi pipa baja galvanis tetap lebih kecil dari pipa baja karbon.

4.4.19 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon perendaman 120 jam, 240 jam, 720 pada Salinitas 3% tanpa kecepatan

Tabel 4.35 Tabel Laju Korosi Pipa Baja Karbon

Lama Perendaman	Laju Korosi	Salinitas	Rata-Rata Laju Korosi
120	0.34564689	3%	0.38184019
240	0.41779105	3%	
720	0.38208263	3%	

4.4.20 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Perendaman 120, 240 dan 720 Jam pada Salinitas 3%



Gambar 4. 22 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Dan Galvanis Tanpa Aliran Kecepatan dengan Salinitas 3%

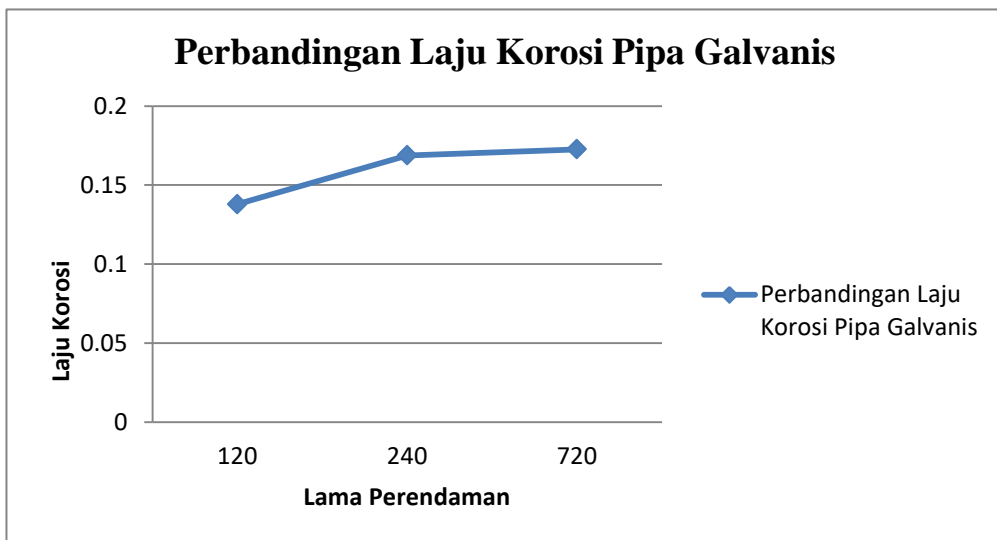
Grafik diatas merupakan grafik perbandingan rata-rata hasil pengujian laju korosi spesimen pipa baja karbon salinitas 3% tanpa aliran kecepatan. Pada perendaman pipa baja karbon dengan waktu 120 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 0.34564689. Untuk perendaman spesimen selama 240 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 0.41779105. Sementara nilai laju korosi pada perendaman 720 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 0.38208263. Terdapat perbedaan nilai laju korosi yang diperoleh dari masing-masing percobaan 120 jam, 240 jam, dan 720 jam. Namun perbedaan yang diperoleh tidak terlalu besaryaitu sebesar 0.07214416mmpy. Dan diperoleh rata-rata laju korosi pipa baja karbon sebesar 0.3814 mmpy.

4.4.21 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Galvanis Perendaman 120 Jam, 240 Jam, 720 pada Salinitas 3% Tanpa Kecepatan

Tabel 4.36 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis

Lama Perendaman	Laju Korosi	Salinitas
120	0.13790026	3%
240	0.16876048	3%
720	0.17262897	3%

4.4.22 Grafik Perbandingan Rata-Rata Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen Pipa Baja Galvanis Salinitas 3% Tanpa Aliran Kecepatan.



Gambar 4. 23 Grafik Perbandingan Rata-Rata Hasil Pengujian Laju Korosi Spesimen Pipa Baja Galvanis Salinitas 3% Tanpa Aliran Kecepatan

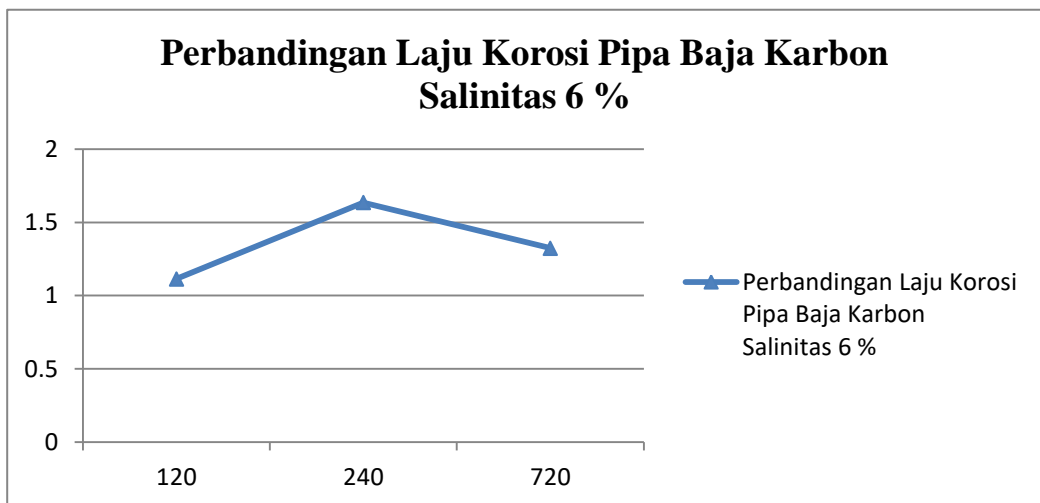
Grafik diatas merupakan grafik perbandingan rata-rata hasil pengujian laju korosi spesimen pipa baja Galvanis salinitas 3% tanpa aliran kecepatan. Pada perendaman pipa baja karbon dengan waktu 120 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 0,13791. Untuk perendaman spesimen selama 240 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 0.16876 . Sementara nilai laju korosi pada perendaman 720 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 0.172629 . Terdapat perbedaan nilai laju korosi yang diperoleh dari masing-masing percobaan 120 jam, 240 jam, dan 720 jam. Namun, perbedaan yang diperoleh tidak terlalu besaryaitu sebesar 0.03473 mmpy dan diperoleh rata-rata laju korosi pipa baja karbon sebesar 0.159763 mmpy.

4.4.23 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Perendaman 120 Jam, 240 Jam, 720 pada Salinitas 6% Tanpa Kecepatan

Tabel 4.37 Laju Korosi Pipa Baja Karbon

Lama Perendaman	Laju Korosi	Salinitas
120	1.11423769	6%
240	1.63523195	6%
720	1.32328121	6%

4.4.24 Grafik Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Perendaman 120, 240, dan 720 Jam pada Salinitas 6%



Gambar 4. 24 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dan Galvanis Tanpa Aliran Kecepatan pada Salinitas 6%

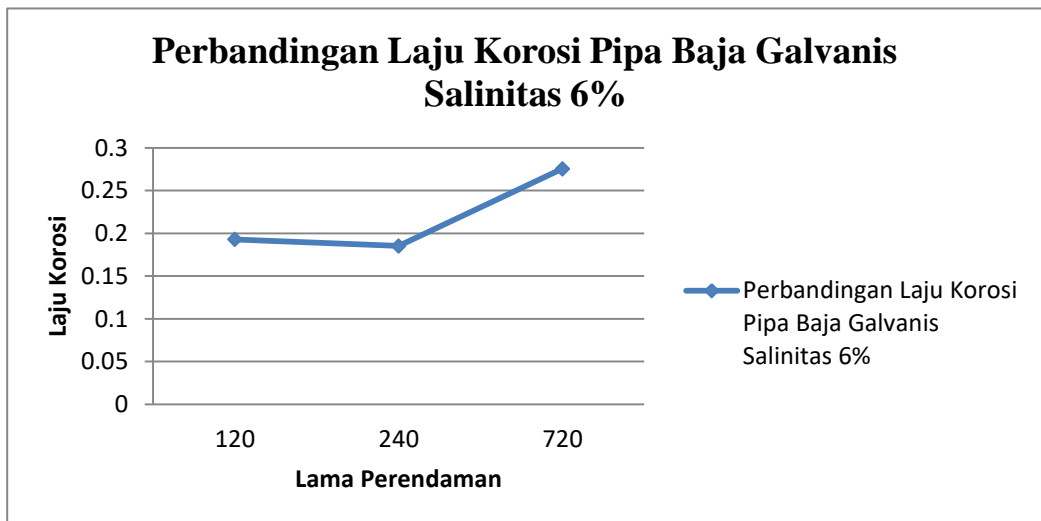
Grafik diatas merupakan grafik perbandingan rata-rata hasil pengujian laju korosi spesimen pipa baja Karbon salinitas 6% tanpa aliran kecepatan. Pada perendaman pipa baja karbon dengan waktu 120 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 1.114238. Untuk perendaman spesimen selama 240 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 1.635232. Sementara nilai laju korosi pada perendaman 720 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 1.323281 . Terdapat perbedaan nilai laju korosi yang diperoleh dari masing-masing percobaan 120 jam, 240 jam, dan 720 jam. Namun, perbedaan yang diperoleh tidak terlalu besaryaitu sebesar 0.52099 mmpy dan diperoleh rata-rata laju korosi pipa baja karbon sebesar 1.357584 mmpy. Bila dibandingkan dengan laju korosi salinitas 3% maka laju korosi pada perendaman salinitas 6% memiliki nilai yang lebih besar.

4.4.25 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Galvanis Perendaman 120, 240, dan 720 Jam pada Salinitas 6% Tanpa Kecepatan

Tabel 4.38 Laju Korosi Pipa Baja Galvanis

Lama Perendaman	Laju Korosi	Salinitas
120	0.19286268	6%
240	0.18515808	6%
720	0.27548644	6%

4.4.26 Grafik Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon Perendaman 120, 240, dan 720 Jam pada Salinitas 6%



Gambar 4. 25 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Galvanis Tanpa Aliran Kecepatan pada Salinitas 6%

Grafik diatas merupakan grafik perbandingan rata-rata hasil pengujian laju korosi spesimen pipa baja Galvanis salinitas 6% tanpa aliran kecepatan. Pada perendaman pipa baja karbon dengan waktu 120 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 0.192863 mmpy . Untuk perendaman spesimen selama 240 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 0.185158 mmpy. Sementara nilai laju korosi pada perendaman 720 jam diperoleh nilai laju korosi sebesar 0.275486 mmpy. Terdapat perbedaan nilai laju korosi yang diperoleh dari masing-masing percobaan 120 jam, 240 jam, dan 720 jam. Namun perbedaan yang diperoleh tidak terlalu besaryaitu sebesar 0.090328 mmpy dan diperoleh rata-rata laju korosi pipa baja karbon sebesar 0.217836 mmpy. Bila dibandingkan dengan laju korosi salinitas 3% maka laju korosi pada perendaman salinitas 6% memiliki nilai yang lebih besar.

4.5 Perhitungan *Lifetime* Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis

4.5.1 *Lifetime* Pipa Perendaman Salinitas 3%

4.5.1.1 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon

Tabel 4.39 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon Salinitas 3%

Lama Perendaman	Laju Korosi	Salinitas	Rata-Rata Laju Korosi	Prediksi Usia Pipa(Tahun)
120	0.34564689	3%	0.38184019	7.85669
240	0.41779105	3%		
720	0.38208263	3%		

Dari tabel diatas diperoleh usia pipa baja karbon dengan salinitas 3% dan tanpa kecepatan senilai 7.85669 Tahun. Hasil tersebut diperoleh melalui perhitungan dengan menggunakan rumus API 570 . Faktor yang mempengaruhi diperolehnya nilai *lifetime* adalah ketebalan dari pipa baja karbon, laju korosi pipa baja karbon dan ketebalan yang diizinkan oleh klas. Pada penelitian ini parameter klas yang digunakan adalah BKI volume 3 chapter 11.

4.5.1.2 Prediksi Usia Pipa Baja Galvanis

Tabel 4. 40 Prediksi Usia Pipa Baja Galvanis Salinitas 3%

Lama Perendaman	Laju Korosi	Salinitas	Rata-Rata Laju Korosi	Prediksi Usia Pipa(Tahun)
120	0.13790026	3%	0.15976324	18.777786
240	0.16876048	3%		
720	0.17262897	3%		

Tabel diatas merupakan tabel prediksi usia pipa baja galvanis. Setelah melakukan percobaan menghitung laju korosi pipa baja galvanis, maka dapat ditentukan nilai *lifetime* dari pipa tersebut. Fakor yang mempengaruhi nilai *lifetime* dari pipa baja galvanis tersebut adalah ketebalan awal pipa, ketebalan pipa yang diizinkan oleh klas dan laju korosi. Klas yang dipakai pada penghitungan *lifetime* pipa baja galvanis pada penelitian ini adalah BKI Volume 3 *Chapter* 11. Dan cara menghitung *lifetimenya* adalah dengan menggunakan API 570. Maka *lifetime* pipa baja galvanis salinitas 3% tanpa kecepatan yang diperoleh senilai 18.777786 tahun. Nilai ini lebih besar dari *lifetime* yang dimiliki oleh pipa baja karbon dengan pengujian dan dimensional yang sama.

4.5.2 *Lifetime* Pipa Perendaman Salinitas 6%

4.5.2.1 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon

Tabel 4.41 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon Salinitas 6%

Lama Perendaman	Laju Korosi	Salinitas	Rata-Rata Laju Korosi	Prediksi Usia Pipa (Tahun)
120	1.11423769	6%	1.35758361	2.2098086
240	1.63523195	6%		
720	1.32328121	6%		

Tabel tersebut merupakan tabel prediksi usia pipa baja karbon dengan perendaman salinitas 6%. Setelah melakukan percobaan menghitung laju korosi pipa baja karbon, maka dapat ditentukan nilai *lifetime* dari pipa tersebut. Faktor yang mempengaruhi nilai *lifetime* dari pipa baja karbon tersebut adalah ketebalan awal pipa, ketebalan pipa yang diizinkan oleh klas dan laju korosi. Klas yang dipakai pada penghitungan *lifetime* pipa baja galvanis pada penelitian ini adalah BKI Volume 3 Chapter 11. Dan cara menghitung *lifetimenya* adalah dengan menggunakan API 570. Maka *lifetime* pipa baja karbon salinitas 6% tanpa kecepatan yang diperoleh senilai 2.2098086tahun. Nilai ini lebih kecil dari *lifetime* yang dimiliki oleh pipa baja karbon dengan pengujian salinitas 3%. Hal tersebut terjadi karena salinitas mempengaruhi laju korosi dan laju korosi mempengaruhi nilai *lifetime* pipa tersebut.

4.5.2.2 Prediksi Usia Pipa Baja Galvanis

Tabel 4.42 Prediksi Usia Pipa Baja Galvanis Salinitas 6%

Lama Perendaman	Laju Korosi	Salinitas	Rata-Rata Laju Korosi	Prediksi Usia Pipa(Tahun)
120	0.19286268	6%	0.21783573	13.771845
240	0.18515808	6%		
720	0.27548644	6%		

Tabel tersebut merupakan tabel prediksi usia pipa baja Galvanis dengan perendaman salinitas 6%. Setelah melakukan percobaan menghitung laju korosi pipa baja karbon, maka dapat ditentukan nilai *lifetime* dari pipa tersebut. Faktor yang mempengaruhi nilai *lifetime* dari pipa baja karbon tersebut adalah ketebalan awal pipa, ketebalan pipa yang diizinkan oleh klas dan laju korosi. Klas yang dipakai pada penghitungan *lifetime* pipa baja galvanis pada penelitian ini adalah BKI Volume 3 Chapter 11. Dan cara menghitung *lifetimenya* adalah dengan menggunakan API 570. Maka *lifetime* pipa baja galvanis salinitas 6% tanpa kecepatan yang diperoleh senilai 13.771845tahun. Nilai ini lebih kecil dari *lifetime* yang dimiliki oleh pipa baja karbon dengan pengujian salinitas 3%. Hal tersebut terjadi karena salinitas mempengaruhi laju korosi dan laju korosi mempengaruhi nilai *lifetime* pipa tersebut. Namun pada salinitas 6% nilai *lifetime* dari pipa baja galvanis tetap lebih besar dari pipa baja karbon.

4.5.3 Prediksi *Lifetime* Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis dengan Aliran Kecepatan 3.95 m/s

4.5.3.1 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon

Tabel 4.43 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon dengan Kecepatan 3.95 m/hour

Kode Spesimen	Laju Korosi	Salinitas	Prediksi Usia Pipa (Tahun)
G1	0.901792	3%	3.420552
G2	0.8747094	3%	
G3	0.8546526	3%	

Tabel tersebut merupakan tabel prediksi usia pipa baja karbon dengan perendaman salinitas 3%. Setelah melakukan percobaan menghitung laju korosi pipa baja karbon, maka dapat ditentukan nilai *lifetime* dari pipa tersebut. Faktor yang mempengaruhi nilai *lifetime* dari pipa baja karbon tersebut adalah ketebalan awal pipa, ketebalan pipa yang diizinkan oleh klas dan laju korosi. Klas yang dipakai pada penghitungan *lifetime* pipa baja galvanis padapenelitian ini adalah BKI Volume 3 Chapter 11. Dan cara menghitung *lifetime*nya adalah dengan menggunakan API 570. Maka *lifetime* pipa baja karbon salinitas 3% dengan kecepatan yang diperoleh senilai 3.420552 tahun. Nilai ini lebih kecil dari *lifetime* yang dimiliki oleh pipa baja karbon dengan pengujian salinitas 3% tanpa kecepatan. Hal tersebut terjadi karena kecepatan aliran mempengaruhi laju korosi dan laju korosi mempengaruhi nilai *lifetime* pipa tersebut.

4.5.3.2 Prediksi Usia Pipa Baja Galvanis

Tabel 4.44 Prediksi Usia Pipa Baja Galvanis Kecepatan 3.95 m/ hour

Kode Spesimen	Laju Korosi	Salinitas	Prediksi Usia Pipa(Tahun)
1G	0.2320593	3%	14.10622
2G	0.1951502	3%	
3G	0.2108071	3%	

Tabel tersebut merupakan tabel prediksi usia pipa baja Galvanis dengan perendaman salinitas 3%. Setelah melakukan percobaan menghitung laju korosi pipa baja karbon, maka dapat ditentukan nilai *lifetime* dari pipa tersebut. Faktor yang mempengaruhi nilai *lifetime* dari pipa baja karbon tersebut adalah ketebalan awal pipa, ketebalan pipa yang diizinkan oleh klas dan laju korosi. Klas yang dipakai pada penghitungan *lifetime* pipa baja galvanis pada penelitian ini adalah BKI Volume 3 Chapter 11 dan cara menghitung *lifetime* adalah dengan menggunakan API 570. Maka *lifetime* pipa baja galvanis salinitas 3% dengan kecepatan yang diperoleh senilai 14.10622 tahun. Nilai ini lebih kecil dari *lifetime* yang dimiliki oleh pipa baja karbon dengan pengujian salinitas 3% tanpa kecepatan. Hal tersebut terjadi karena kecepatan mempengaruhi laju korosi dan laju korosi mempengaruhi nilai *lifetime* pipa tersebut. Namun pada kecepatan 0,3 m/hour nilai *lifetime* dari pipa baja galvanis tetap lebih besar dari pipa baja karbon.

4.5.4 Prediksi *Lifetime* Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis dengan Aliran Kecepatan 3.29 m/s

4.5.4.1 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon

Tabel 4.45 Prediksi Usia Pipa Baja Karbon Kecepatan 3.29 m/ s

Kode Spesimen	Laju Korosi	Salinitas	Usia Pipa (Tahun)
I1	0.604717	3%	5.20291
I2	0.523594	3%	
I3	0.60149	3%	

Tabel tersebut merupakan tabel prediksi usia pipa baja karbon dengan perendaman salinitas 3%. Setelah melakukan percobaan menghitung laju korosi pipa baja karbon, maka dapat ditentukan nilai *lifetime* dari pipa tersebut. Faktor yang mempengaruhi nilai *lifetime* dari pipa baja karbon tersebut adalah ketebalan awal pipa, ketebalan pipa yang diizinkan oleh klas dan laju korosi. Klas yang dipakai pada penghitungan *lifetime* pipa baja galvanis padapenelitian ini adalah BKI Volume 3 Chapter 11. Dan cara menghitung *lifetimenya* adalah dengan menggunakan API 570. Maka *lifetime* pipa baja karbon salinitas 3% dengan kecepatan yang diperoleh senilai 5.20291tahun. Nilai ini lebih kecil dari *lifetime* yang dimiliki oleh pipa baja karbon dengan pengujian salinitas 3% tanpa kecepatan. Hal tersebut terjadi karena kecepatan aliran mempengaruhi laju korosi dan laju korosi mempengaruhi nilai *lifetime* pipa tersebut.

4.5.4.2 Predisi Usia Pipa Baja Galvanis

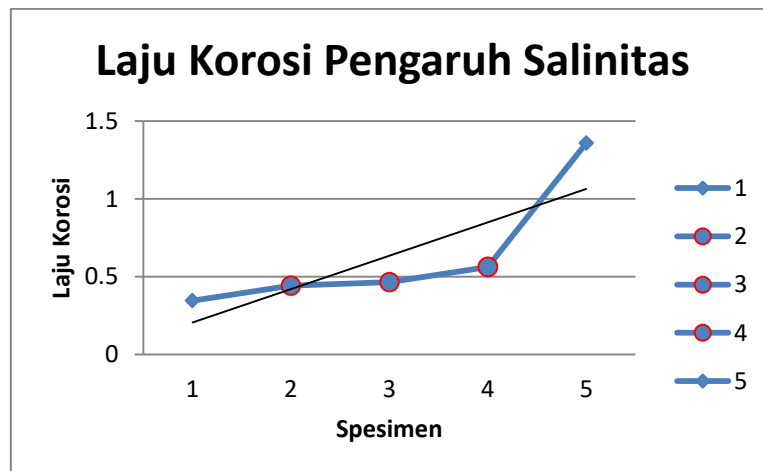
Tabel 4.46 Prediksi Usia Pipa Baja Galvanis Kecepatan 0.2 m/ hour

Kode Spesimen	Laju Korosi	Salinitas	Usia Pipa Tahun
1I	0.169577	3%	16.47355
2I	0.189056	3%	
1I	0.187697	3%	

Tabel tersebut merupakan tabel prediksi usia pipa baja karbon dengan perendaman salinitas 3%. Setelah melakukan percobaan menghitung laju korosi pipa baja karbon, maka dapat ditentukan nilai *lifetime* dari pipa tersebut. Faktor yang mempengaruhi nilai *lifetime* dari pipa baja karbon tersebut adalah ketebalan awal pipa, ketebalan pipa yang diizinkan oleh klas dan laju korosi. Klas yang dipakai pada penghitungan *lifetime* pipa baja galvanis padapenelitian ini adalah BKI Volume 3 Chapter 11. Dan cara menghitung *lifetimenya* adalah dengan menggunakan API 570. Maka *lifetime* pipa baja karbon salinitas 3% dengan kecepatan yang diperoleh senilai 16.47355tahun. Nilai ini lebih kecil dari *lifetime* yang dimiliki oleh pipa baja karbon dengan pengujian salinitas 3% tanpa kecepatan. Hal tersebut terjadi karena kecepatan aliran mempengaruhi laju korosi dan laju korosi mempengaruhi nilai *lifetime* pipa tersebut.

4.6 Perbandingan Laju Korosi Pipa Baja Karbon dengan Penelitian Lain

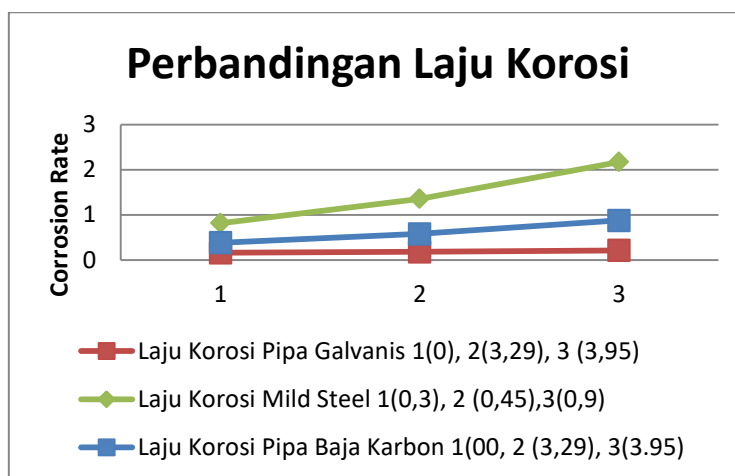
4.6.1 . Pengaruh Salinitas terhadap Laju Korosi



Gambar 4. 26 Laju Korosi Pipa Baja Karbon Pengaruh Salinitas

Gambar diatas menunjukkan perbandingan laju korosi yang dipengaruhi oleh salinitas. Material penyusun spesimen yang dibandingkan pada gambar tersebut adalah baja karbon. Gambar tersebut merupakan paduan hasil penelitian laju korosi pada baja karbon yang terlebih dahulu diteliti oleh Satria Nova M.K (2012) Departemen Teknik Perkapalan ITS dan penelitian ini. Tujuan untuk membandingkan laju korosi antara penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah untuk memperoleh pengaruh salinitas terhadap laju korosi spesimen yang diteliti. Spesimen no 1 merupakan spesimen yang diteliti yaitu pipa baja karbon dengan perlakuan salinitas 3% . Adapun laju korosi spesimen tersebut adalah 0.3456 mmpy. Spesimen no 2 merupakan spesimen baja karbon yang direndam pada salinitas 3.2% yang memiliki nilai laju korosi 0.4418 mmpy. Spesimen no 3 merupakan spesimen baja karbon yang direndam pada salinitas 3,5 % yang memiliki nilai laju korosi 0.4641 mmpy. Spesimen no 4 merupakan spesimen baja karbon yang direndam pada salinitas 3.8 % yang memiliki laju korosi 0.5616 mmpy dan spesimen no 5 merupakan spesimen pipa baja karbon yang diteliti pada penelitian ini yang memiliki laju korosi 1.3575 mmpy. Dari data laju korosi yang diperoleh masing-masing spesimen dapat disimpulkan bahwa salinitas mempengaruhi laju korosi. Semakin tinggi salinitas suatu larutan maka semakin tinggi pula laju korosinya. Namun trend tersebut hanya berlaku pada batas laju korosi pada perendaman dengan salinitas 6% . Untuk salinitas yang lebih tinggi maka perlu dilakukan percobaan lagi.

4.6.2 Pengaruh Kecepatan Terhadap Laju Korosi

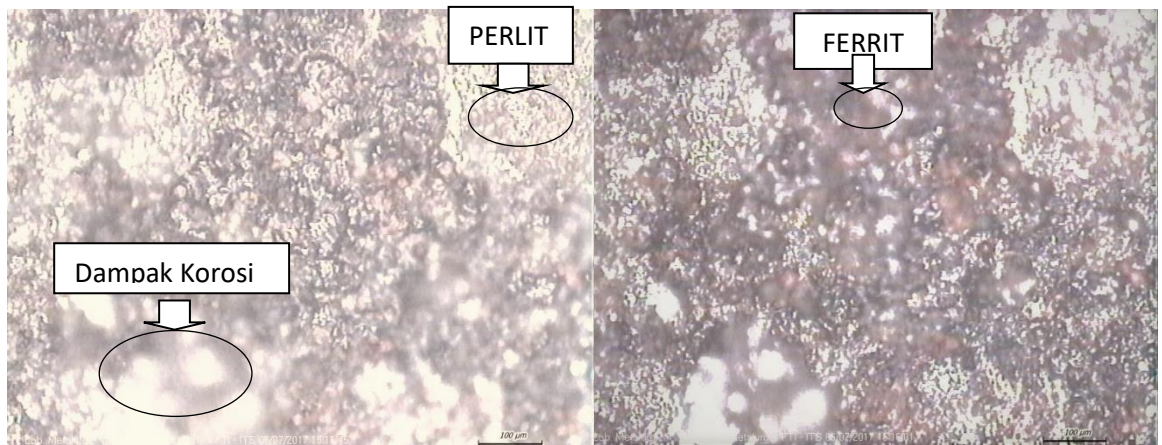


Gambar 4. 27 Perbandingan Laju Korosi pada Beberapa Kecepatan

Gambar diatas menunjukkan perbandingan laju korosi yang dipengaruhi oleh kecepatan yang mengalir sebuah spesimen. Material penyusun spesimen yang dibandingkan pada gambar tersebut adalah pipa baja karbon, pipa baja galvanis dan mild steel . Gambar tersebut merupakan paduan hasil penelitian laju korosi pada material mild steel yang disusun oleh Henrick Wall, Lars Wadso yang terlebih dahulu diteliti dan penelitian saat ini. Tujuan untuk membandingkan laju korosi antara penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah untuk memperoleh pengaruh kecepatan aliran terhadap laju korosi spesimen yang diteliti. Grafik yang berwarna hijau merupakan laju korosi mild steel pada masing masing kecepatan 0,3 m/s, 0,45 m/s dan 0,9 m/s pada suhu 50 derajat celcius. Grafik yang berwarna biru merupakan laju korosi pada pipa baja karbon dengan kecepatan masing-masing 0m/s, 3,29 m/s dan 3,95 m/s. Grafik yang berwarna merah merupakan laju korosi pipa baja galvanis pada masing masing kecepatan 0m/s, 3,29 m/s dan 3,95 m/s. Dari gambar tersebut laju korosi yang paling tinggi adalah laju korosi material mildsteel. Walaupun kecepatan yang mengalir spesimen mild steel lebih rendah dari yang mengalir pipa baja karbon dan galvanis laju korosinya lebih tinggi. Hal tersebut bias terjadi karena mild steel direndam pada suhu yang lebih tinggi dari pipa baja karbon dan galvanis. Laju aliran juga berpengaruh terhadap laju korosi pada material mild steel, semakin tinggi kecepatan maka semakin tinggi pula laju korosi yang diperoleh. Hal tersebut juga berlaku pada pipa baja karbon dan pipa baja galvanis. Pada pipa baja karbon laju korosi naik pada setiap kenaikan kecepatan. Namun Laju korosi pipa baja karbon tetap lebih tinggi dari pipa baja galvanis. Dari data perbandingan laju korosi yang diperoleh diatas maka dapat disimpulkan bahwa laju korosi dipengaruhi oleh kecepatan. Semakin tinggi kecepatan aliran maka semakin tinggi pula laju korosinya. Hal itu terbukti pada material mild steel, pipa baja karbon, dan pipa baja galvanis. Untuk material lain perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut karena berbeda spesimen berbeda pula laju korosi dan parameter yang mempengaruhi laju korosi tersebut.

4.7 Struktur Mikro Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis

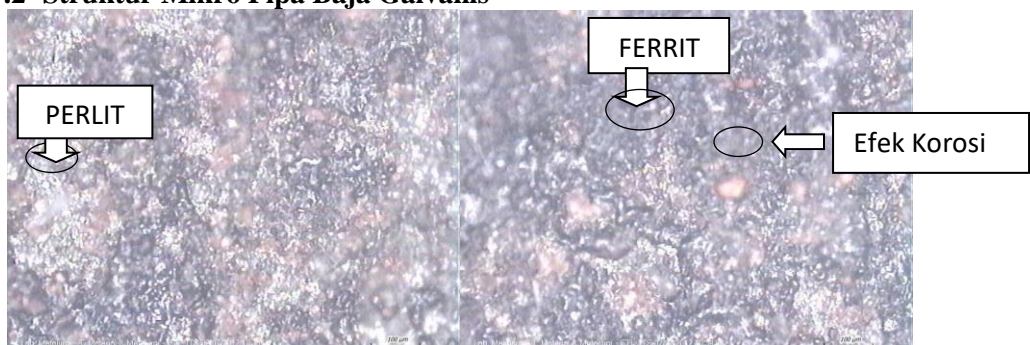
4.7.1 Struktur Mikro Pipa Baja Karbon



Gambar 4. 28 Foto Mikro Pipa Baja Karbon

Gambar diatas merupakan gambar struktur mikro pada pipa baja karbon yang sudah mengalami proses perendaman sehingga sudah terjadi pengkaratan. Struktur mikro pipa baja karbon diatas merupakan struktur mikro dengan ukuran 100 mikrometer. Pada gambar diatas terlihat fasa pipa baja karbon. Fasa dari pipa baja karbon tersebut adalah Perlit dan Ferrit. Perlit ditunjukkan pada komposisi warna yang lebih cerah sementara ferrit ditunjukkan oleh komposisi warna yang lebih gelap. Distribusi butiran Perlit dan Ferrit juga cukup merata. Namun dibeberapa bagian fasa perlit ada yang berkumpul yang menunjukkan sifat pipa baja karbon pada bagian tersebut lebih keras disbanding sisi yang tidak merata namun hanya terjadi di beberapa bagian saja. Jika dilihat dari fasa penyusunnya Perlit dan Ferrit maka dapat disimpulkan pipa baja karbon tersebut merupakan pipa baja karbon rendah. Yang memiliki sifat mudah dibentuk dan memiliki kekuatan lebih rendah dari pipa baja yang komposisi karbonnya lebih tinggi. Terdapat bagian-bagian base metal yang mulai terkikis akibat korosi.

4.7.2 Struktur Mikro Pipa Baja Galvanis



Gambar 4. 29 Foto Mikro Pipa Baja Galvanis

Gambar diatas merupakan foto mikrostruktur dari pipa baja galvanis. Ukuran dari foto mikro pipa galvanis diatas adalah 100 mikro meter sama dengan ukuran foto mikro pipa baja karbon yang telah dianalisa sebelumnya. Adapun fasa yang dibentuk adalah ferrit dan perlit. Ferrit ditunjukkan pada bagian yang gelap. Sementara perlit ditunjukan pada bagian yang cerah. Dari gambar diatas ditunjukkan pipa baja galvanis merupakan jenis pipa yang memiliki kandungan karbon yang rendah dalam komposisi materialnya. Sementara untuk distribusi fasa sisi gelap lebih dominan daripada sisi terang. Distribusi fasa dari pipa galvanis tersebut lebih merata dan dapat diperoleh kesimpulan kekuatan pipa merata pada seluruh sisi. Dari gambar diatas juga dapat diperoleh informasi bahwa korosi yang terjadi masih pada tahap permukaan karena base metal dari pipa galvanis masih sedikit yang terkena korosi

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Laju Korosi Pipa Baja Karbon lebih tinggi dari Pipa Baja Galvanis dipengaruhi oleh salinitas.
 - a. Laju korosi pada salinitas 3 % :
Pipa baja karbon : 0.38184 mmpy
Pipa baja galvanis : 0.159763 mmpy,
 - b. Laju Korosi salinitas 6% :
Pipa baja karbon : 1.357584 mmpy
Pipa baja galvanis : 0.217836 mmpy,
2. laju korosi Pipa Baja Karbon lebih tinggi dari Galvanis dan dipengaruhi oleh kecepatan
 - a. Kecepatan 3.29 m/s :
Pipa baja karbon : 0.576600408 mmpy
Pipa baja galvanis : 0.182110153 mmpy
 - b. Kecepatan 3.92 m/hour :
Pipa baja karbon : 0.8770513 mmpy
pipa baja galvanis : 0.2126722 mmpy
3. Remaining *lifetime* pipa baja galvanis lebih tinggi dari pipa baja karbon.
 - a. Untuk salinitas 3% remaining *lifetime* pipa baja karbon adalah 7.85669 tahun, pipa baja galvanis adalah 18.7778. tahun.
 - b. Untuk Salinitas 6 % remaining *lifetime* pipa baja karbon adalah 2.20981 tahun, pipa baja galvanis adalah tahun.
 - c. Untuk Kecepatan 3.29 m/ hr remaining *lifetime* pipa baja karbon adalah 5.2091 tahun, pipa baja galvanis adalah 16.47355 tahun.
 - d. Sementara kecepatan 3.92 m/s laju korosi pipa baja karbon 3.42055 tahun dan pipa baja galvanis 14.10622 tahun.

5.2 Saran

1. Sebaiknya jumlah spesimen untuk percobaan lebih dari 3 agar ketika terjadi kegagalan tidak mengulangi percobaan melainkan memilih 3 spesimen yang memiliki laju korosi terbaik

DAFTAR PUSTAKA

- Febrianka, Novri. “Pengertian Korosi”
[http://www.academia.edu/6633215/Pengertian KOROSI](http://www.academia.edu/6633215/Pengertian_KOROSI) (Diakses tanggal 10 Maret 2017)
- Supomo, Heri 2003. Buku Ajar Korosi. Jurusan Teknik Perkapalan FTK – ITS Surabaya. Bardal, E. 2004. Corrosion and Protection.
- Fontana, Mars G, 1986, Corrosion Engineering Third Edition, New York : Mc Graw-Hill.
- Yudha Kurniawan Afandi, Irfan Syarif, Admijaji 2012. “Analisa Laju Korosi pada pelat baja Karbon dengan Variasi ketebalan coating”, Jurusan T.Sistem Perkapalan – ITS Surabaya
- Boyd, C.E. 1982. Water Quality in Warm Water Fish Pond. Auburn University Agricultural Experiment Station. Auburn Alabama.
- Priyotomo, Gadang. 2008. Korosi Retak Tegang Material Stainless Steel AISI 304 Di Lingkungan MgCl₂. Thesis tidak diterbitkan. Depok: Universitas Indonesia
- Yandra Gusriandra, 2008, “Terminologi Baja Galvanis”
www.Wikipedia.co.id (Diakses pada 10 Maret 2017)
- Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals”. Amerika: ASTM International, (1999).
- ASTM (American Standard for Testing and Material). "ASTM G1-90 vol 3.2 Faraday Law" Amerika: ASTM International, (2002).
- BKI (Biro Klasifikasi Indonesia). “Rule For Machinery Installation vol 3. Indonesia. 2014
- API 570 . “Piping Inspection Code In-Service Inspection, Repair and Alteration of Piping System, Fourth Edition, Include Addendum 1”. America. 2016
- Lingga Bayu Permadi, Aisyah Endah Palupi. 2014. Analisa Laju Korosi Pada Baja Karbon Ringan (Mild Steel) dengan perlakuan Bending pada Media Pengkorosi Larutan Asam”. Teknik Mesin-Universitas Negeri Surabaya
- Adimasmc. 2014. “Macam-Macam Korosi”
<https://www.slideshare.net/adimasmc/macammacam-korosi> (diakses pada 27 juli 2017)
- Zulfiani, zukarnaini. 2011. “Korosi Intergranular”
<https://id.scribd.com/doc/55246622/korosi-Intergranular> (diakses pada 27 juli 2017)

LAMPIRAN
FOTO-FOTO PERCOBAAN TUGAS AKHIR



Salinometer dan Bateray



Larutan 6 % dan 3 %



Pembuatan Larutan Salinitas 3%



Pembuatan Larutan Salinitas 6 %



Pemotongan Spesimen



Spesimen Uji



Perendaman Spesimen Baja Galvanis



Perendaman Spesimen Baja Karbon



Pengukuran Spesimen dengan Jangka Sorong



Pembersihan Spesimen

Data Dimensional Pipa Baja Galvanis



NO	Kode Spesimen	Berat Spesimen (Gram)	K	D gr/cm ³	Tebal Spesimen Awal	T (Jam)	Salinitas	Kecepatan Aliran (meter / jam)	Berat setelah percobaan
1	A1	36.4222	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	6%	0	36.0839
2	A2	38.7081	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	6%	0	38.3861
3	A3	36.7083	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	6%	0	36.2445
4	B1	36.5935	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	3%	0	35.9149
5	B2	35.3096	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	3%	0	34.6659
6	B3	38.4977	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	3%	0	37.8181
7	C1	36.0735	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	6%	0	34.0993
8	C2	39.7468	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	6%	0	37.2628
9	C3	36.8676	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	6%	0	34.3895
10	D1	36.5442	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0	36.4253
11	D2	36.8041	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0	36.6877
12	D3	36.5226	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0	36.4106
13	E1	36.5927	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	3%	0	36.3584
14	E2	35.378	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	3%	0	35.1426
15	E3	35.2375	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	3%	0	34.9978
16	F1	36.7324	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	6%	0	35.7721
17	F2	38.6673	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	6%	0	37.6041
18	F3	36.0111	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	6%	0	35.1487
19	G1	37.4399	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0,3	37.1387
20	G2	38.4218	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0,3	38.1303
21	G3	35.5929	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0,3	35.3154
22	H1	35.7634	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	9%	0	35.5946
23	H2	35.2363	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	9%	0	35.0959
24	H3	37.336	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	9%	0	37.1881
25	I1	36.2236	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0.2	36.0238
26	I2	35.6016	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0.2	35.4327
27	I3	35.5986	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0.2	35.4018



Data Dimensional Pipa Baja Karbon

NO	Kode Spesimen	Berat Spesimen (Gram)	K	D gr/cm ³	Tebal Spesimen Awal	T (Jam)	Salinitas	Kecepatan Aliran (meter / jam)	Berat setelah percobaan
1	A1	36.4222	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	6%	0	36.0839
2	A2	38.7081	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	6%	0	38.3861
3	A3	36.7083	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	6%	0	36.2445
4	B1	36.5935	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	3%	0	35.9149
5	B2	35.3096	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	3%	0	34.6659
6	B3	38.4977	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	3%	0	37.8181
7	C1	36.0735	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	6%	0	34.0993
8	C2	39.7468	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	6%	0	37.2628
9	C3	36.8676	3.45*10 ⁶	7.86	4	720	6%	0	34.3895
10	D1	36.5442	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0	36.4253
11	D2	36.8041	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0	36.6877
12	D3	36.5226	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0	36.4106
13	E1	36.5927	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	3%	0	36.3584
14	E2	35.378	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	3%	0	35.1426
15	E3	35.2375	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	3%	0	34.9978
16	F1	36.7324	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	6%	0	35.7721
17	F2	38.6673	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	6%	0	37.6041
18	F3	36.0111	3.45*10 ⁶	7.86	4	240	6%	0	35.1487
19	G1	37.4399	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0,3	37.1387
20	G2	38.4218	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0,3	38.1303
21	G3	35.5929	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0,3	35.3154
22	H1	35.7634	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	9%	0	35.5946
23	H2	35.2363	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	9%	0	35.0959
24	H3	37.336	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	9%	0	37.1881
25	I1	36.2236	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0.2	36.0238
26	I2	35.6016	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0.2	35.4327
27	I3	35.5986	3.45*10 ⁶	7.86	4	120	3%	0.2	35.4018

BIODATA PENULIS



Yani Corodoba Surbakti merupakan anak pertama dari tiga bersaudara yang lahir di Jakarta 20 Februari 1995. Lahir dari pasangan Drs. Erwin Surbakti dan Artauli Siregar. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari SD RK Assisi Pematang Siantar kemudian bersekolah di SMP N 4 Pematang Siantar, SMA RK Budi Mulia Pematang Siantar dan Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama bersekolah penulis pernah meraih prestasi berupa juara 2 lomba cepat tepat bahasa Indonesia se Kecamatan Siantar Martoba dan juara harapan 3 Olimpiade IPA Sekotamadya saat SD. Saat SMP penulis pernah menjadi ranking pertama saat kelas 1 semester satu.

Selama kuliah aktif di berbagai organisasi seperti PMK ITS, Permata Runggun Surabaya, ABISS, dan MBP. Penulis juga hobi bermain futsal dan mendapatkan prestasi pada beberapa turnamen. Semasa kuliah penulis juga mendapatkan beasiswa PPA/BBP selama 2 periode yaitu periode 2014/2015, 2015/2016 dan Beasiswa Karya Salemba 4 pada periode 2016/2017. Pada akhir studinya penulis menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisa Laju Korosi pada Pipa Baja Karbon dan Pipa Baja Galvanis dengan Metode Kehilangan Berat”. Buku ini merupakan buku ilmiah yang pertama yang penulis tulis yang menjadikan penulis Sarjana Teknik.